

VYSOKÁ ŠKOLA BÁŇSKÁ – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA

**FAKULTA STROJNÍ
INSTITUT DOPRAVY**

Nafukovací vaky jako součást zadržných systémů automobilů

Safety Airbags as a Part of the Automobile Restrain Systems

Student:

Veronika Pargačová

Vedoucí diplomové práce:

doc. Ing. Rostislav Matějka, Csc.

Ostrava 2009

Prohlášení studenta

Prohlašuji, že jsem celou bakalářskou práci včetně příloh vypracovala samostatně pod vedením vedoucího bakalářské práce a uvedla jsem všechny podklady a literaturu.

V Ostravě:

.....
Podpis studenta

Prohlášení o využití výsledků bakalářské práce

Prohlašuji, že

- byl jsem seznámen s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. – autorský zákon, zejména §35 – užití díla v rámci občanských a náboženských obřadů, v rámci školních představení a užití díla školního a §60 – školní dílo.

- беру на ве́домі́, že Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava (dále jen VŠB-TUO) má právo nevýdělečně ke své vnitřní potřebě bakalářskou práci užít (§35 odst. 3).

- souhlasím s tím, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen v Ústřední knihovně VŠB-TUO k prezenčnímu nahlédnutí a jeden výtisk bude uložen u vedoucího bakalářské práce. Souhlasím s tím, že údaje o bakalářské práci budou zveřejněny v informačním systému VŠB-TUO.

- bylo sjednáno, že s VŠB-TUO, v případě zájmu z její strany, uzavřu licenční smlouvu s oprávněním užít dílo v rozsahu §12 odst. 4 autorského zákona.

- bylo sjednáno, že užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití mohu jen se souhlasem VŠB-TUO, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly VŠB-TUO na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše).

- беру на ве́домі́, že odevzdáním své práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, bez ohledu na výsledek její obhajoby.

V Ostravě dne

.....
Podpis studenta

ANOTACE BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Pargačová, V. Nafukovací vaky jako součást zádržných systémů automobilů.

Ostrava: Institut dopravy, Fakulta strojní VŠB-Technická univerzita Ostrava, 2009,

44 s. Bakalářská práce, vedoucí: doc. Ing. Matějka R., Csc.

Bakalářská práce se zabývá nafukovacími vaky jako součástí zádržných systémů automobilů.

Úvod je věnován bezpečnosti silničního provozu, statistikám dopravních nehod a pasivní a aktivní bezpečnosti z hlediska stavby automobilu. V dalším bodu práce jsou popsány jednotlivé zádržné systémy jako prvky pasivní bezpečnosti včetně jejich technického využití.

Hlavní část práce je zaměřena na nafukovací vaky jako jeden z prvků pasivní bezpečnosti automobilů. Následuje zhodnocení současného stavu nafukovacích vaků, jejich vývoj a porovnání aktuálního stavu nafukovacích vaků u vybraných modelů automobilů. V závěru jsou uvedeny mé osobní postřehy, které jsem získala při psaní této bakalářské práce.

Klíčová slova: nafukovací vak, bezpečnost, automobil, zádržné systémy

ANNOTATION OF BACHELOR THESIS

Pargačová, V. Safety Airbags as a Part of the Automobile Restrain Systems. Ostrava: Institut of Transport, Faculty of Mechanical Engineering VŠB – Technical University of Ostrava, 2009, 44 p. Bachelor thesis, head: doc. Ing. Matějka, R., Csc.

Bachelor thesis deals with safety airbags as a part of the automobile restrain systems. The introduction is devoted to the safety of traffic operation, statistics of the accident frequency and passive and active safety from the viewpoint of the car construction. Another part of the thesis describes particular retain systems as elements of the passive safety including their technical utilization. The main part of the thesis aims at safety airbags as one of the elements of the passive safety of cars. The other part of the thesis follows with evaluation of the present state of safety airbags, their development and comparison of the actual state of safety airbags in selected car models. Conclusion contains my personal findings, which I gained during writing of the thesis.

Key words: airbag, safety, car, restrain systems

Obsah

Obsah	6
Seznam použitého značení	7
1. Úvod	8
1.1 Statistika dopravních nehod v ČR	8
1.2 Bezpečnost silničního provozu	10
1.3 Aktivní bezpečnost – současný stav	13
1.3.1 Jízdní bezpečnost	13
1.3.2 Kondiční bezpečnost	18
1.3.3 Operační bezpečnost	21
1.4 Pasivní bezpečnosti automobilů	22
1.4.1 Vnější pasivní bezpečnost	23
1.4.2 Vnitřní pasivní bezpečnost	25
2. Zadržné systémy jako prvek pasivní bezpečnosti	30
2.1 Druhy zadržovacích systémů	30
2.1.1 Bezpečnostní pásy	31
2.1.2 Hlavová opěrka	34
2.1.3 Dětské autosedačky	35
2.1.4 Nafukovací vaky	36
3. Nafukovací vaky	36
3.1 Vzduchový vak	38
3.2 Generátor plynu	39
3.3 Řídicí jednotka	40
3.4 Senzory nárazu (zrychlení)	40
3.5 Dělení systémů nafukovacích vaků	41
3.5.1 Systémy nafukovacích vaků 1. generace	41
3.5.2 Systémy nafukovacích vaků 2. generace	41
3.5.3 Systémy nafukovacích vaků 3. generace	41
3.5.4 Systémy nafukovacích vaků 4. generace	42
3.5.5 Systémy nafukovacích vaků 5. generace	42
4. Hodnocení a doporučení	44
4.1 Vývoj	44
4.2 Úskalí nafukovacích vaků	46
4.3 Doporučení	46
4.3.1 Přehled vybraných modelů Škoda Auto Česká republika:	47
4.3.2 Automobilová společnost Volvo – symbol bezpečnosti	48
4.3.3 Vybrané modely značky Volvo a vybavenost nafukovacími vaky:	48
5. Závěr	50
Použitá literatura, zdroje	51

Seznam použitého značení

ABC	aktivní zavěšení kol
ABS	anti - blokovací systém pro brzdy vozidla
AIRBAG	nafukovací vak
AIS	společnost při automobilovém lékařství
ASR	systém regulace prokluzu kol
AWS II.	hmotnostní senzor
BA	brzdový asistent
BESIP	součást Ministerstva dopravy ČR
BLIS	systém pro eliminaci mrtvého úhlu
ČVUT	České vysoké učení technické
EBD	elektronické rozdělování brzdného účinku
EDS	elektronický závěr diferenciálu
EHK	Evropská hospodářská komise
ES	Evropské společenství
ESP	elektronický stabilizační program
ETSC	Evropská rada pro bezpečnost dopravy
Euro – NCAP	Program pro hodnocení pasivní bezpečnosti nových vozidel
EUROSID 1	figurína používaná pro boční náraz
FMVSS	Federální zákon pro bezpečnost motorových vozidel v USA
HYBRID III	figurína používaná pro čelní náraz
IC	nafukovací clona
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
ISOFIX	normované ukotvení dětské sedačky
OSN	Organizace spojených národů
SIEMENS VDO	dodavatel elektronických výrobků pro automobilový průmysl
WP.29	Skupina expertů pro konstrukci vozidel

1.Úvod

V bakalářské práci se budu zabývat bezpečností osobních automobilů, jak aktivní, tak pasivní. V oblasti pasivní bezpečnosti - zadržnými systémy a zaměřím se zejména na nafukovací vaky (airbagy).

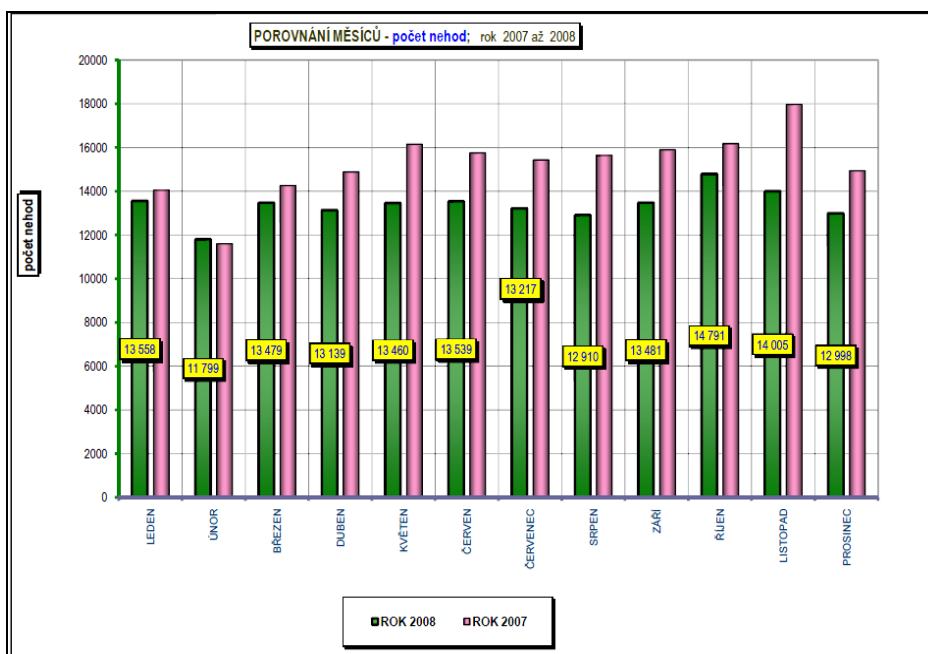
1.1 Statistika dopravních nehod v ČR

Za první dva měsíce roku 2009

Policie České republiky v období leden až únor letošního roku šetřila 12 316 nehod na pozemních komunikacích. Při těchto nehodách bylo 130 osob usmrceno, 372 osob těžce zraněno a 2 919 osob zraněno lehce. Odhadnutá hmotná škoda dopravní policií na místě nehody je 853,94 mil. Kč.

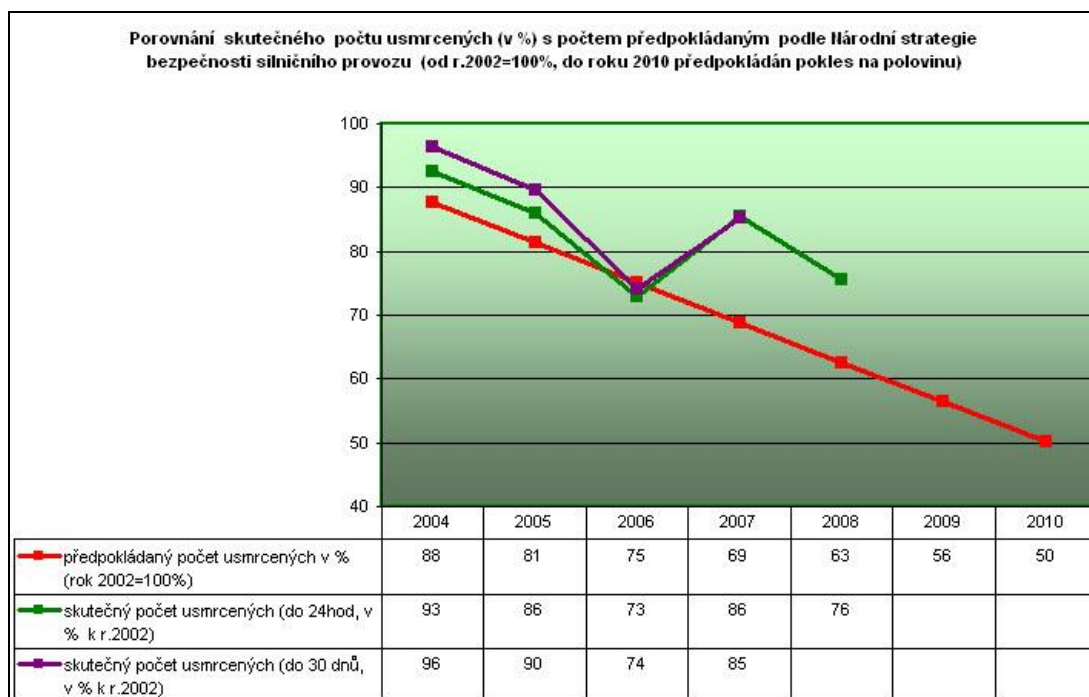
Za rok 2007 a 2008

V roce 2007 Policie ČR šetřila celkem 182 736 nehod, při kterých bylo 1 123 osob usmrceno, 3 960 těžce zraněno a 25 382 osob zraněno lehce. Odhad způsobené hmotné škody je ve výši 8 467 mil. Kč. V roce 2008 Policie ČR šetřila celkem 160 376 nehod, při kterých bylo 992 osob usmrceno, 3 809 těžce zraněno a 24 776 osob zraněno lehce. Odhad způsobené hmotné škody je ve výši 7 741,464 mil. Kč. Porovnání nehodovosti za rok 2007 a 2008 – viz obr. 1.1.



Obr. 1.1 Nehodovost rok 2007, 2008 [17]

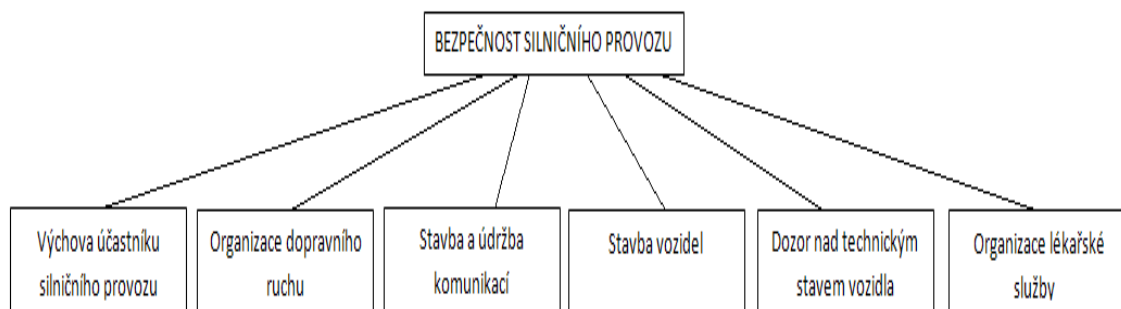
Oddělení BESIP je součástí Ministerstva dopravy – zabývá se preventivní činností v oblasti bezpečnosti na pozemních komunikacích podle zákona 361/200 Sb. Provádí celostátní kampaně, spolupracuje s ostatními orgány státní správy, které působí v oblasti prevence dopravních nehod. BESIP také navrhl Národní strategii (obr. 1.2), která byla schválena usnesením Vlády České republiky dne 28. dubna 2004 č.394. Jejím cílem je snížit počet usmrcených v silničním provozu do roku 2010 na 50 % úrovně roku 2002. Uvedený graf porovnává počet a předpokládaný počet usmrcených mezi léty 2004 – 2010.



Obr. 1.2 Národní strategie [17]

1.2 Bezpečnost silničního provozu

Na bezpečnosti silničního provozu mají podíl zejména tři činitelé: člověk, vozidlo a komunikace (obr.1.3)



Obr. 1.3 Činitelé ovlivňující bezpečnost silničního provozu

Jedním z činitelů ovlivňujících bezpečnost silničního provozu je stavba vozidel. Důraz na bezpečnost z hlediska stavby vozidel se začal klást při vývoji nových silničních vozidel již po 2. světové válce, více se však této oblasti věnovala až společnost Daimler – Benz, která v 50. letech 20. století vyráběla automobily. Nárůst počtu silničních vozidel ve všech evropských zemích přiměl státní orgány k vydání předpisů zaměřených na provoz vozidel ale i jejich konstrukci. V rámci Evropské hospodářské komise (EHK) při OSN vznikly orgány, které pomáhaly sjednotit rozdílné předpisy v jednotlivých zemích. Za významný mezník v oblasti stavby vozidel se považuje tzv. “Ženevská dohoda”, ve které byly uvedeny podmínky pro homologaci a vzájemné uznávání homologace silničních vozidel. Hlavní podnět k celosvětovému výzkumu zabývajícímu se bezpečností vozidel dal v 60. letech 20. století americký advokát Dr. Ralph Nader, který vedl spor s automobilovým průmyslem, přesněji s koncernem General Motors. Soudní pře se týkala velkých nedostatků amerických automobilů v oblasti bezpečnosti. Dr. Nader tvrdil, že americký automobilový průmysl neklade důraz na bezpečnost, jelikož chce snížit výrobní náklady a také, že konstrukce některých typů automobilů na trhu je dokonce životu nebezpečná. Proces vzniku jednotlivých předpisů v Evropě je obdobný jako postup vzniku zákonů. Pro všechny skupiny příslušenství v automobilu existuje určitá pracovní skupina expertů, která provádí zhodnocení zpráv a doporučení příslušných podskupin v dané oblasti.

Nejdůležitější částí organizace, která řeší tvorbu technických předpisů pro silniční motorová vozidla v rámci EHK při OSN je WP.29 – „Skupina expertů pro konstrukci vozidel“ (Working Party on the Construction of Vehicles), která byla založena 6.6.1952 a v březnu roku 2002 pozměnila svůj název na „Světové fórum pro sjednocení předpisů vozidel“ (World Forum for Harmonization of Vehicle Regulations), zkratka WP.29 však zůstala stejná. Skupinu WP.29 tvoří oficiální vládní delegáti z jednotlivých ministerstev dopravy členských zemí a experti z různých oborů a zemí. Člení se dále do skupin, které řeší problémy z oblasti aktivní a pasivní bezpečnosti vozidel, emisí škodlivin a ekonomie motorů. Když se předpis dostane do pracovní skupiny WP.29 nabývá už podoby tzv. konečného návrhu. Poté je dokument vyhlášen tajemníkem OSN jako doplněk či nová verze předpisu a toho data, kdy je vyhlášen, vstupuje v platnost. Předpisy, které WP.29 vydává jsou vzhledem k rozvoji vědy a techniky neustále zpříšňovány. Tyto jsou poté zveřejňovány jako tzv. série změn již vydaného předpisu. To, jak se předpisy mění má vliv na vyhlášky v České republice, které jsou poté novelizovány. V současnosti platí v České republice vyhláška č. 202/2008 Sb., kterou se mění vyhláška Ministerstva dopravy a spojů č.30/2001 Sb., kterou se provádějí pravidla provozu na pozemních komunikacích a úpravu a řízení provozu na pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů, je účinná od 1.7.2008. Dále je v České republice v současné době platný také zákon o provozu na pozemních komunikacích č.480/2008 Sb., který je účinný od 1.1.2009 a kterým se mění zákon č.361/2008Sb. o provozu na pozemních komunikacích a některé další zákony. Všechny předpisy vydané WP.29 musí potvrzovat splnění zkoušek prováděných ve zkušebnách a které – v případě, že testovaný vzorek vyhovuje – přidělí danou homologační značku. Zkušebny si navzájem v různých zemích své výsledky uznávají. Homologační značka musí být snadno čitelná a nesmazatelná.

Příklad homologační značky: **E8 110R – 001234**

Kde: **E8** = označení státu, který homologaci udělil (8 = ČR)

110R = číselné označení homologačního předpisu EHK – OSN

00 = označení série změn k danému předpisu

1234 = číslo homologačního protokolu (3 – 6 číslic)

Mimo předpisy EHK existuje i soustava, která je založená na Směrnici Evropské unie (směrnice ES), jež jsou ratifikovány členy Evropského společenství, používají se však méně a některé z předpisů již byly připraveny na převod na příslušný předpis EHK.

Vývoj v celé legislativní oblasti je zaměřen zejména na harmonizaci nynějších a nově vznikajících předpisů a to tak, aby byly používány ve všech vyspělých státech světa, jelikož by to snížilo náklady na vývoj, výrobu a zkoušení jednotlivých produktů.

Ve své bakalářské práci se zabývám silničními vozidly a tedy z hlediska stavby silničních vozidel členíme bezpečnost dle následujícího schématu (obr.1.4)



Obr.1.4 Základní členění bezpečnostních prvků ve stavbě vozidel

Mezi prvky mimoprovozní bezpečnosti patří zajištění proti:

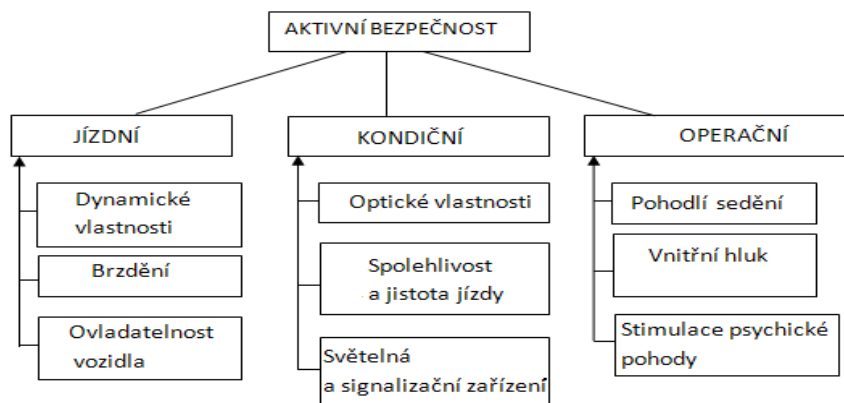
- a) zneužití vozidla (dle EHK – OSN)
- b) požáru (dle EHK – OSN)
- c) samovolnému rozjezdu
- d) srážce se stojícím vozidlem pomocí vnější signalizace v případě poruchy vozidla (dle EHK – OSN)

Mezi prvky provozní bezpečnosti patří:

- a) aktivní - opatření, která snižují možnost vzniku dopravní nehody
- b) pasivní - opatření ke zmenšení následků nehody

1.3 Aktivní bezpečnost – současný stav

Členění jednotlivých prvků bezpečnosti nám zobrazuje schéma na obr.1.5.



Obr.1.5 Aktivní bezpečnost

Jsou to všechna opatření a prvky, které mají za cíl snížit možnost vzniku nehody. Další rozdělení prvků aktivní bezpečnosti je patrné z obr.1.3.

1.3.1 Jízdní bezpečnost

Jedná se o vlastnosti silničního vozidla, které zlepšují jízdní vlastnosti. Jízdní vlastnosti vozidla ovlivňuje zejména koncepce poháněcí soustavy.

Dynamické vlastnosti vozidla

Pro dobré dynamické vlastnosti vozidla je důležitý výkon a točivý moment motoru v širším rozsahu otáček. Motor a jeho výkon spolu s převodným ústrojím vymezuje dynamické parametry vozidla – zrychlení, nejvyšší rychlost, příp. nejvyšší stoupavost. Vliv na dynamické vlastnosti vozidla mají i jízdní odpory vozidla – odpor valení, vzduchu a setrvačnosti.

Brzdění vozidel

Požadavky na brzdný účinek vozidel (tabulka.1.1) - ustanovuje předpis EHK č. 13, směrnice ES 71/320 a také vyhláška č.41/84 Sb.Ministerstva dopravy ČR. Tento předpis je průběžně zpřísnován a doplňován.

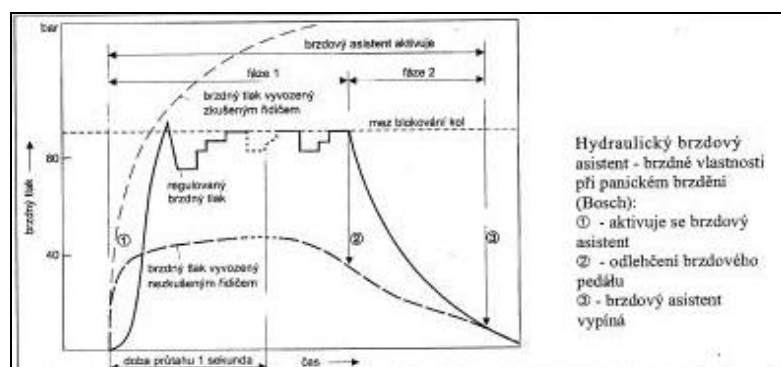
Tab.1.1 Požadavky na brzdný účinek [2]

Kategorie vozidel podle EHK – R 13 (druh, max. hmotnost m)		Přeprava osob			Přeprava nákladu		
		Osobní automobily M1	Autobusy		Nákladní automobily		
			m ≤ 5 t M2	m > 5 t M3	m ≤ 3,5 t N1	3,5 < m ≤ 12 t N2	m > 12 t N3
Provozní brzdění	Počáteční rychlost v_0	80 km/h	60 km/h		70 km/h	50 km/h	40 km/h
	Max.brzdná dráha s	$0,1 \cdot v_0 + v_0^2/150$ s = 50,7 m	$0,15 \cdot v_0 + v_0^2/130$ s = 36,7 m		$0,15 \cdot v_0 + v_0^2/115$ s = 53,1 m s = 29,2 m s = 19,9 m		
	Max. nožní síla F_a	500 N	700 N		700 N		
	Max. prodleva t_i	0,36 s	0,54 s		0,54 s		
	Zpomalení a	5,8 m/s ²	5 m/s ²		4,4 m/s ²		
Nouzové brzdění	Max.brzdná dráha s	$0,1 \cdot v_0 + 2v_0^2/150$ s = 93,4 m	$0,15 \cdot v_0 + 2v_0^2/130$ s = 64,4 m		$0,15 \cdot v_0 + 2v_0^2/115$ s = 95,7 m s = 51,0 m s = 33,8 m		
	Max. ruční síla F_r	400 N	600 N		600 N		

Brzdění vozidla se dosahuje třením mezi pevnými a rotujícími částmi motorového vozidla, většinou mezi brzdovým kotoučem a brzdovými čelistmi.

Brzdový asistent (BA - Brake Assist)

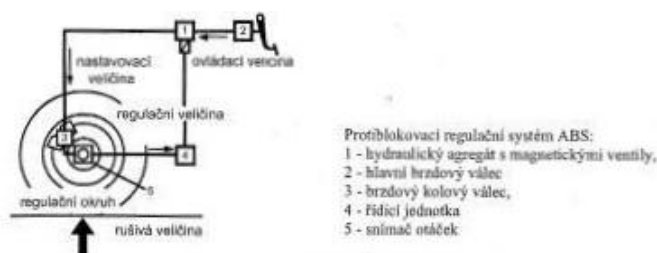
Dojde – li k sešlapování brzdového pedálu pomalu a velkou silou nebo naopak rychle a malou silou, sepne se brzdový asistent. Při použití brzdového asistenta dochází ke zkrácení brzdné dráhy o 15 – 20 procent. Existuje několik typů brzdových asistentů – elektronický, mechanický nebo kapalinový (obr.1.6). Pro aktivaci tohoto asistenta je důležitá mezní hodnota výkonu – což je součin síly a rychlosti – a je stanovena na základě zkušeností z běžného provozu. Tímto nedochází k použití brzdového asistenta ve chvílích, kdy to není žádoucí – např. v koloně. Dopravní výbor Evropského parlamentu schválil, aby nové automobily byly od roku 2010 povinně vybavovány brzdovými asistenty. Požadavky na brzdý účinek stanovuje předpis EHK č. 13, směrnice ES – 71/320 a vyhláška MD ČR



Obr.1.6 Hydraulický brzdový asistent [2]

Protiblokovací systém brzd (ABS - Anti – lock Braking System)

V kritických okamžicích, kdy řidič začne prudce brzdit, může dojít k zablokování kol, čímž dochází ke ztrátě směrové stability. Za použití elektronických protiblokovacích systémů lze těmto situacím zabránit a tím zároveň zvýšit aktivní bezpečnost silničních vozidel. Systém také umožňuje zkrátit brzdnu dráhu, zejména na mokré, zledovatělé nebo zasněžené vozovce. Systém ABS byl vyvinut firmou Bosch v roce 1978. Avšak již na počátku 20. století se uvažovalo o tom, jak by bylo možno předejít zablokování kol při prudkém brzdění. V roce 1936 měla firma Bosch patent na „Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla“. Teprve elektronické řízení umožnilo inženýrům vyvinout protiblokovací brzdový systém, který byl vhodný - rychlý a dostatečně robustní - pro použití v motorových vozidlech. Funguje na tom principu, že řídicí jednotka systému zjišťuje aktuální rychlost jednotlivých kol. Z rychlostí dvou diagonálně umístěných kol určuje tzv. referenční rychlost vozidla, kterou porovnává s otáčkami kol. Tímto se zjišťují aktuální zrychlení, zpomalení a skluz každého kola. Dojde - li ke snížení rychlosti některého z kol pod stanovenou hodnotu referenční rychlosti, řídicí jednotka odpustí tlak z brzdového systému pomalejšího kola a po jeho roztočení opět tlak napustí zpět. Tato akce se opakuje několikrát za sekundu po celou dobu brzdění až do min. rychlosti 4 km/h, tehdy se protiblokovací systém sám odpojuje. Protiblokovací regulační systém ABS tvoří hydraulický agregát s magnetickými ventily, hlavní brzdový válec, brzdový kolový válec, řídicí jednotka a snímač otáček. (obr.1.7)



Obr.1.7 Protiblokovací regulační systém ABS [2]

Rozšířením systému ABS je systém ASR.

Elektronický závěr diferenciálu (EDS - Electronic Differential System)

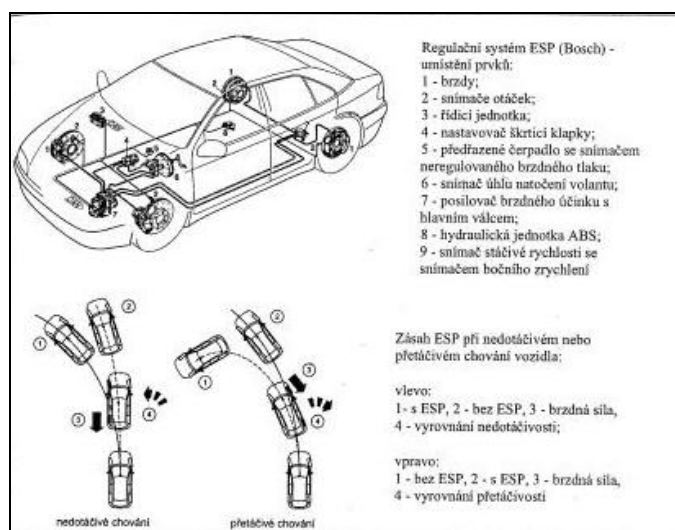
Je – li na vozovce rozdílné tření pod pravým i levým kolem, dojde za pomoci tohoto systému k přibrzdování protáčejšího se kola. Elektronické řízení přibrzdí protáčejší se kolo takovým způsobem, aby druhým kolem na stejné nápravě dala přenášet hnací síla na vozovku. Umožní tak řidiči bezpečný rozjezd i na mokré silnici a také se snižuje opotřebení pneumatik. Systém EDS je nejvíce využit v zimním období – např. rozjíždění se s jedním kolem na zasněžené krajnici. Má – li automobil hnací jednu nápravu, dojde k vypnutí systému EDS při dosažení rychlosti 40 km/h, při pohonu všech kol pak při rychlosti 80 km/h. EDS je součástí jak elektronického stabilizačního programu ESP, tak i protiskluzového zařízení ASR.

Systém regulace prokluzu kol (ASR - Anti Skid Regulation)

Funguje v součinnosti s elektronickým závěrem diferenciálu a je schopen pracovat při všech rychlostech vozidla. Reguluje velikost skluzu na jednom nebo několika hnacích kolech při akceleraci. Zvyšuje bezpečnost a stabilitu na kluzkém povrchu. Snímače otáček kol neustále porovnávají otáčky kol hnané nápravy s nepoháněnou nápravou. Pokud řídící jednotka vyhodnotí prokluz zadních kol, je vydán pokyn k přibrzdění těchto kol. Systémem ASR mohou být vybaveny pouze automobily, které již mají antiblokovací brzdý systém.

Elektronický stabilizační program (ESP - Electronic Stability Program)

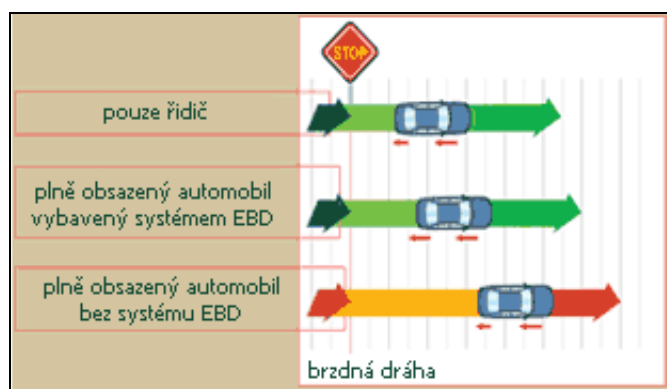
Pomáhá stabilizovat automobil pomocí samočinných zásahů do brzd jednotlivých kol a omezením výkonu motoru. Když systém pomocí snímačů zjistí dynamický kritický stav automobilu, dojde k přibrždění některého z kol a ke snížení výkonu motoru. U přetáčivého pohybu vozidla při vybočení zadní části automobilu dojde k přibrždění kola na vnější straně zatáčky a největší brzdící síla poté působí na přední vnější kolo. Přibržděním kol na vnitřní straně zatáčky se provádí korekce nedotáčivého chování automobilu. Tento systém v sobě zahrnuje protiblokovací systém brzd ABS, systém regulace prokluzu kol ASR, elektronický závěr diferenciálu EDS a elektronické rozdělování brzdících sil EBD. Znárodnění elektronického stabilizačního programu viz.obr.1.8



Obr.1.8 Elektronický stabilizační program ESP [2]

Elektronické rozdělování brzdného účinku (EBD - Electronic Brake Force Distribution)

Systém provádí úpravu rozdělování brzdného tlaku mezi přední a zadní nápravou. Je přesnější než mechanické rozdělovače brzdné síly. EBD porovnává otáčky předních a zadních kol, aby se předešlo zablokování kol při malém zatížení vozidla. Tato funkce je dodatečný software k programu ABS. Na obr.1.9 vidíme, jak se liší brzdná dráha automobilu s použitím EBD a bez jeho použití. V prvním případě jede řidič sám a má při brzdění má určitou brzdovou dráhu. Ve druhém případě je automobil plně obsazen, brzdná dráha se prodlužuje, avšak systém EBD přerozdělí brzdné síly dle aktuálního rozložení zatížení. Nejdelší brzdná dráha je ve třetím případě, jelikož automobil je plně naložen a navíc vozidlo není vybaveno systémem elektronického rozdělování brzdného účinku.



Obr.1.9 Ukázka funkce systému EBD

Ovladatelnost vozidla

Dobrá ovladatelnost vozidla v kritických situacích patří k základním předpokladům aktivní bezpečnosti. Je souhrnem vlastností vozidla – směrové, podélné a příčné stability, aerodynamické stability, odpružení, neutrálního chování v zatáčce, nedotáčivosti, přetáčivosti – a říditelnosti vozidla – to je dáno úchytkami a silami na volantu, dráhou a rychlostí vozidla. Na ovladatelnost vozidla má vliv koncepce vozidla, parametry podvozku a mechanika podvozku, kola, pneumatiky a aerodynamické vlastnosti. Ovladatelnost se zabývá pohybem automobilu při stálé rychlosti za jízdy na rovinné vozovce v závislosti na ovládání vozidla řidičem, aniž by na něho působily vnější rušivé vlivy (říditelnost vozidla) a v závislosti na vnějších rušivých vlivech bez působení řidiče (směrová stabilita). Říditelnost vozidla znamená jeho reakci při změně polohy řídících orgánů na změnu směru jízdy způsobenou řidičem. Směrová stabilita vozidla je charakterizována co nejmenšími korekcemi pohybu volantu při pohybu po přímé dráze.

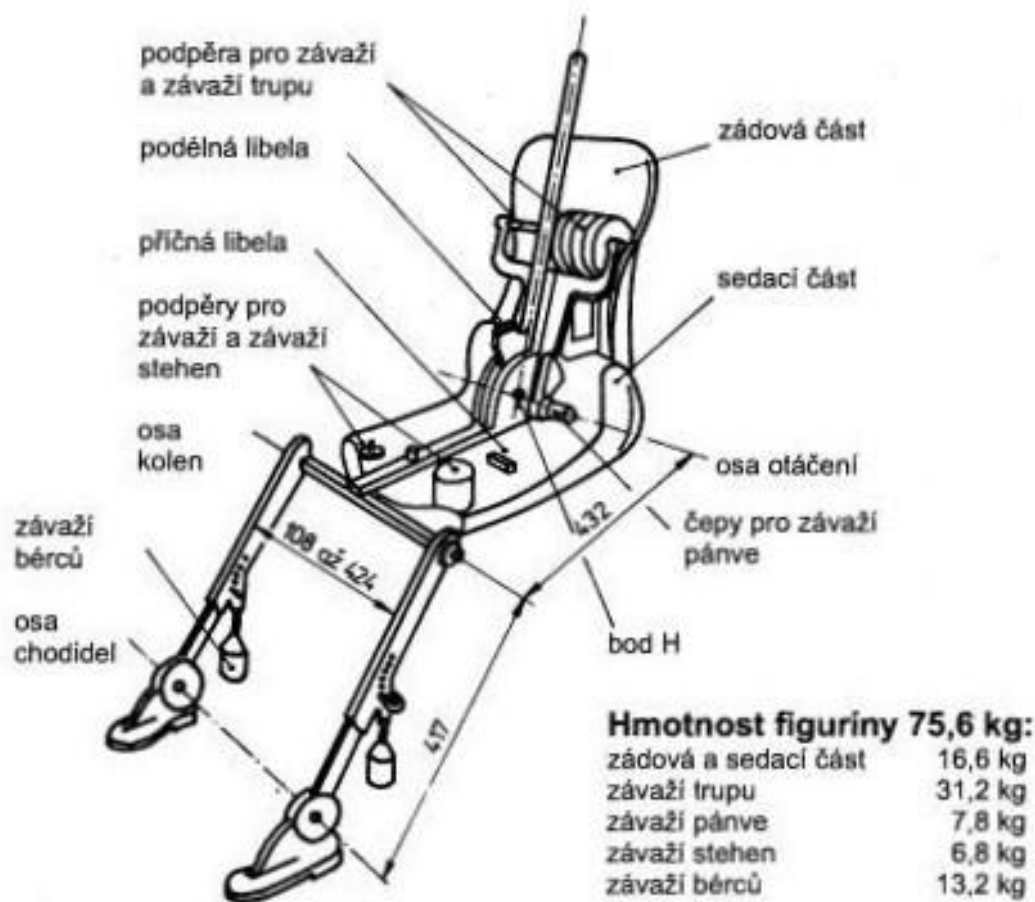
Aktivní zavěšení kol (ABC - Active Body Control)

Zkratka znamená aktivně regulovaný podvozek a používá ji zejména firma Mercedes – Benz, která tento systém vyvíjela 20 let a poprvé ho použila roku 1999 ve voze Mercedes – Coupé CL. Elektronicky řízené hydraulické válce na jednotlivých nápravách umístěné přímo v tlumicích a pružicích jednotkách udržují stálou světlou výšku automobilu bez závislosti na tom, jak je vůz zatížen a vyrovnávají kolísání a sklon karosérie při akceleraci, jízdě v zatáčce a nebo brzdění. Tím se optimalizuje poloha těžiště automobilu a eliminuje se částečně možnost vzniku neovladatelného smyku. Automobil vybavený systémem ABC již nepotřebuje příčné stabilizátory.

1.3.2 Kondiční bezpečnost

Kondiční bezpečnost zahrnuje optické informace řidiče, spolehlivost a jistotu obsluhy a světelná a signalizační zařízení. Zahrnuje v sobě jak pozorovací bezpečnost (“vidět a být viděn”), tak i ovládací bezpečnost (spolehlivost a jistota obsluhy). Základem pro stanovování parametrů a jejich pozdějšího ověřování je figurína Hybrid III. Jedná se o trojrozměrné měřicí zařízení, které má antropometrické znaky sedícího muže. Části těla figuríny odpovídají rozměrově daným částem lidského těla.

Jeho hmotnost je 77 kg a v případě, že by se postavil, měřil by 168 cm. Skládá se z částí, které napodobují části lidského těla – hlavy, krku, paží, hrudi, břicha, pánve, stehen, kolen, lýtek, kotníků a chodidel. Na obrázku 1.10 je znázorněna třírozměrná 50 % normalizovaná figurína.



Obr.1.10 Třírozměrná 50 % normalizovaná figurína [1]

Optické informace

Jsou dány výhledem z místa řidiče do všech směrů – dopředu i dozadu, zpětnými zrcátky, za zhoršených podmínek i stírači a ostříkovači čelního a zadního skla. Výhled z vozidla je ovlivňován i sklonem čelního skla.

Výhled z místa řidiče dopředu

Je určen stanovenou výhledovou plochou. Při výhledu do stran je největší překážkou spojení střechy se spodní částí karosérie. Při návrhu karosérie je nutno stanovit smluvní body, které nám zajistí dostatečný výhled a kontrolu. Tyto body se odvíjejí od polohy figuríny.

Výhled zpětnými zrcátky

Slouží ke sledování dění za vozidlem a jsou umístěna v zorném poli řidiče. Obraz jimi zachycený poskytuje přehled o situaci za vozidlem a je nezbytný pro bezpečnou jízdu.

Spolehlivost a jistota obsluhy

Je dána základními rozměry pracoviště řidiče. Umístění ovladačů je nejdůležitější, jelikož díky nim se děje obsluha vozidla. Ovladač je zařízení, které umožňuje řidiči změnit stav vozidla. Na jejich umístění má vliv charakter pohybu, který se jimi vykonává, jejich tvar a povrch, snadná dosažitelnost a opatření proti záměně ovladačů a mimovolnému zásahu. Spolehlivost a jistotu obsluhy neboli ovládací bezpečnost ovlivňují i ovládací síly, které je nutno vyvinout na řízení a brzdění vozidla, zajištění dveří – zejména kvůli dětem – a kontrolní a sdělovací zařízení. Sdělovač – je optický signál, který ukazuje správnou či vadnou fci, její poruchu nebo uvedení v činnost. Naproti tomu je ukazatel neboli indikátor zařízení, jež nás informuje o současném stavu systému nebo jeho části, např. ukazatel hladiny. Sdělovače i indikátory se musí v automobilu vyskytovat jen v nejnutnějším počtu a musí být maximálně jednoduché a čitelné. Nejvhodnější umístění jednotlivých ovladačů se určuje za pomoci figuríny a dosahoměru, který má umístěný na sobě.

Světelná a signalizační zařízení

Jednu z nejdůležitějších funkcí mezi prvky operační bezpečnosti plní světelná a signalizační zařízení. Především tedy světlomety. Jejich účelem je osvětlení vozovky za jízdy v noci a za ztížených povětrnostních podmínek. Osvětlení automobilů je předepsáno předpisy Evropské hospodářské komise při OSN. Převážná část předpisů týkající se osvětlení automobilů patří do skupiny předpisů součástí pro aktivní bezpečnost, např. EHK č.7 – obrysové, doplňkové obrysové a brzdové světlo, EHK č.8 – světlomety s žárovkou jinou než H4, EHK č.19 – přední mlhové světlomety, EHK č.20 – světlomety s žárovkou H4, EHK č.38 – zadní mlhovka a EHK č.48 – jednotná ustanovení pro homologaci vozidel z hlediska montáže zařízení pro osvětlení a světelnou signalizaci. Vývoj v oblasti mezinárodních předpisů osvětlení automobilů se člení do dvou skupin – vývoj v oblasti technické a vývoj v oblasti legislativní. Nyní se musí často stávající osvětlovací zařízení přizpůsobovat jak evropským, tak americkým normám. Proto se také vývoj v této oblasti, stejně jako v jiných, zaměřuje na sjednocení předpisů, které by snížily veškeré náklady. V oblasti techniky se směřuje k zavedení pohyblivých a variabilních světlometů, jež by byly schopny průběžně měnit svou intenzitu a směr svícení v závislosti na rychlosti automobilu, počasí a dopravní situaci.

Upozornění na vozidlo v tzv. mrtvém úhlu zpětného zrcátka

Zpětná zrcátka jsou vzhledem ke své ploše nedostačující nástroje ke sledování dění kolem vozu. Existuje a zároveň se vyvíjí několik systémů, jak tuto skutečnost změnit.

Pracují na principu sledování okolí vozu pomocí kamer nebo radaru. Např. systém BLIS, používaný v osobním automobilu Volvo C30, upozorní blikající kontrolkou na vozidlo vyskytující se mimo oblast viditelnou bočními zpětnými zrcátky. Důležitá jsou však i další signalizační zařízení světelná zařízení jako jsou brzdová a směrová světla, parkovací světla, zpětná světla, obrysová světla, světla do mlhy, odrazky, světelná a zvuková zařízení a výstražná signalizační zařízení (směrová světla, výstražný trojúhelník).

1.3.3 Operační bezpečnost

Je vázána hlavně na pohodlí a jistotu sezení, která se odvíjí od velikosti interiéru automobilu a ergonomických požadavků na něho kladených. Jsou to opatření zajišťující jízdní pohodlí. Kondiční bezpečnost ovlivňuje příznivé mikroklima (větrání, vytápění, klimatizace), hladina vnitřního hluku, která je dána přenosem hluku od jednotlivých skupin vozidla i hladinou aerodynamického hluku.

Pohodlí a sezení

Pohodlí osob v automobilu je dáno polohou, v jaké sedí. Na pohodlí a jistotu sezení mají vliv geometrické údaje zjištěné pomocí figurín, provedení sedadel, seřizovací rozsah sedáků a opěradel. Důležitý je také vztah k polohám hlavních ovladačů, rozložení měrných tlaků, prodyšnost a materiál sedadel, jejich tvar a přenos kmitů a vibrací na posádku.

Vnitřní hluk

Dynamické síly vyvolávají kmitání konstrukcí. Největším zdrojem dynamických sil v automobilu je motor. Kromě motoru se na vnitřním i vnějším hluku podílejí hluky aerodynamické a mechanické, jež vznikají v převodech a v podvozku. Výrobci automobilů se snaží ovlivnit hlučnost konstrukčními úpravami už při projektování vozidla. Hluk, který není možno utlumit při konstrukci, je poté tlumen za použití akustických materiálů umístěných v prostoru pro cestující.

Stimulace psychické pohody

Na psychickou pohodu řidiče i ostatních pasažérů má vliv má vliv estetika interiéru, dostatečné množství vzduchu a vytápění. Velká část automobilů je dnes vybavena klimatizačním zařízením.

1.4 Pasivní bezpečnosti automobilů

Pasivní bezpečnost zahrnuje všechna opatření, která vedou ke zmenšení následků nehod pro všechny zúčastněné osoby. Prvky pasivní bezpečnosti, které souvisí s pevnostními vlastnostmi karosérie a celého vozidla, musí při nárazu zabránit zejména zranění cestujících v důsledku nárazu. Zahrnuje nejen ochranu cestujících v automobilu, ale také ochranu ostatních účastníků silniční dopravy. Vnitřek vozidla by měl být vybaven tak, aby v případě nehody způsobil co nejmenší počet zranění. Součástí pasivní bezpečnosti je i snížení možnosti vzniku požáru.

Přesto z hlediska pasivní bezpečnosti poskytují nové automobily prodávané v Česku účastníkům dopravních nehod méně ochrany než v ostatních zemích EU. V České republice dosahuje dle výsledků zkoušek nárazem Euro NCAP plného počtu pěti hvězdiček 29 procent osobních automobilů, které byly prodány, zatímco průměr v Evropské unii je 53 procent. Dle zprávy nezávislé organizace Evropské rady pro bezpečnost dopravy (ETSC). Největší podíl aut, které v testech Euro NCAP získaly plný počet hvězdiček má Švédsko, Irsko a Norsko. Mezi prodanými automobily je v uvedených zemích více než 60 procent těch, jež získaly v testech Euro NCAP pět hvězdiček. Obecně je pro zvýšení pasivní bezpečnosti automobilů nutno stále provádět biomechanický výzkum a analyzovat dopravní nehody. Biomechanika je poměrně nová vědecká disciplína, která svou působností tvoří přímé rozhraní mezi mechanikou a lékařstvím. Nepostradatelnými se staly údaje o kritické pevnosti tkání, orgánů a jejich seskupení. Biomechanika vychází ze zkušeností z experimentů, z analýz mechanismů nehod, shromažďuje údaje o únosných tolerancích lidských tkání, orgánů a jejich seskupení při zatíženích, jimiž jsou vystaveny při dopravních nehodách. Biomechanické pokusy zjišťují všechny mezní hodnoty odolnosti člověka vůči různým formám dynamického zatížení a vytvářejí tak podklady pro maximální pasivní bezpečnost při konstrukci osobních automobilů. Základní biomechanická kritéria pasivní bezpečnosti silničních vozidel uvádí Předpis EHK č.94, který platí od roku 1996 a stanovuje předpisy homologace automobilů při čelním nárazu z hlediska ochrany cestujících. Při zkouškách se používá zkušební figurína HYBRID III. Dalším předpisem je Předpis EHK č.95, který se zabývá ochranou cestujících při bočním nárazu vozidla. Při zkoušce se používá figurína EUROSID 1. Oblast pasivní bezpečnosti po nárazu se zaměřuje hlavně na snížení rizika požáru automobilu při nehodě a na možnost vyproštění a přístupnost pomocných prostředků. Požár automobilu vzniká sice zřídka, ale o to větší a nebezpečnější jsou poté jeho následky. K požáru při nehodě dojde tehdy, vytvoří – li se zápalná směs vzduchu s palivem v poměru, jež leží pod hranicí 1,4 -6 % a následnému zapálení této směsi jiskrou.

Hořlavost vnitřního vybavení karoserie je dána normou ISO 3795 a požadavky na instalaci elektrického zařízení Předpisem EHK č.34. Tento předpis také určuje požadavky na umístění palivové nádrže a jiných dílů palivové soustavy.

Pasivní bezpečnost při nárazu se člení na vnější a vnitřní.

1.4.1 Vnější pasivní bezpečnost

Vnější pasivní bezpečnost je zaměřena na to, aby byl obrys automobilu proveden tak, že zranění ostatních účastníků dopravy by bylo v případě dopravní nehody co nejmenší. Zabývá se tedy střetem automobilu s dalšími účastníky silničního provozu – chodci, cyklisty, motocyklisty a s ostatními silničními vozidly. Pojem vnější pasivní bezpečnost zahrnuje zaoblení vnějších hran, deformační vlastnosti příde automobilu, nárazníky, absorbéry nárazové energie, kliky, závěsy, raménka stěračů, kryty kol, mřížky vstupních otvorů pro vzduch, štítky světlometů a v neposlední řadě i ochranné systémy při srážce s chodcem. Důležitý je v tomto směru také výzkum a rozbor silničních nehod. Analýzou dopravních nehod lze určit míru pasivní (vnější i vnitřní) bezpečnosti automobilu. Nejčastěji bývá poškozena přední část vozidla – na ni připadá přibližně 60 procent srážek – poté boky vozidla – přičemž počet nárazů na levou stranu převažuje. Z těchto čísel vyplývá, že nejdůležitější bezpečnostní opatření by se měla týkat čelního a bočního nárazu. Poměrně častá je srážka automobilu s chodcem – nejvíce střetů vzniká na přídi automobilu – přibližně 35 % , pak na pravém předním rohu automobilu – 20 % srážek a na pravé straně kapoty vozidla – cca 22 % střetů. Avšak místo horní části těla chodce, ve které se střetne s autem, závisí na jeho výšce. Děti utrpí náraz v oblasti čela a kapoty vozidla, zatímco dospělí chodci narazí hlavou na čelní sklo automobilu. Dojde – li ke střetu vozidla s cyklistou, je většina nárazů čelních – 60 % - a k nárazu dojde výše než u chodců, velmi často do čelního skla. Střet motocyklu s autem znamená v 50 % náraz do přední části automobilu a řidič bývá často přehozen přes vozidlo. 18. června 2008 přijal Evropský parlament nařízení, které zpřísňuje pravidla pro ochranu chodců, cyklistů a všech ostatních účastníků silničního provozu. Zahrnuje povinné zavedení systémů asistence při prudkém brzdění a zakazuje používat nebezpečné systémy čelní ochrany na osobních vozidlech. Nařízení má přispět ke snížení počtu mrtvých a těžce zraněných na evropských silnicích.

Z rozboru dopravních nehod se dá určit, k jakým zraněním a v jakých oblastech těla nejčastěji dochází. Ke klasifikaci závažnosti zranění se používá stupnice americké společnosti při automobilovém lékařství AIS (Abbreviated Injury Scale) Nejčastější jsou poranění hlavy – 50 %, poranění v oblasti hrudníku – 20 % všech úrazů a zranění břicha – 8 % z celkového počtu všech zranění.

Ochrana proti nárazům a absorpce nárazové energie

Nárazník slouží k ochraně karoserie při menších kolizích. K jeho zdokonalení došlo po roce 1972, kdy vstoupil v USA v platnost předpis FMVSS 215. V Evropě se řídí nárazníky předpisem EHK č.42. Následky nehody se odvíjí od toho, jak účinně je nárazníky pohlcována energie při nárazu. Kinetická energie může být absorbována hydraulickým, pneumatickým nebo kombinovaným absorbérem, deformovatelnou plechovou strukturou nebo konstrukčními díly vyrobenými z plastu.

Nárazníky vozidel

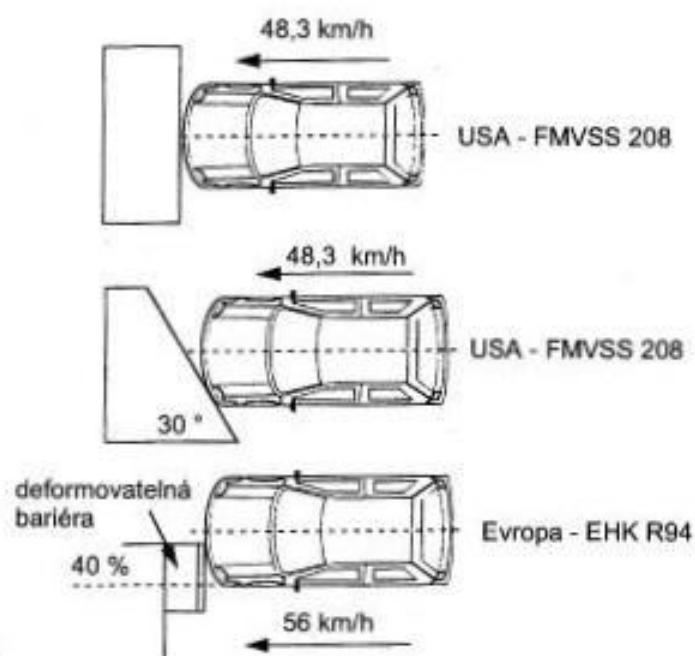
Jejich úkol spočívá v zachycení a rozložení nárazu na celou přední část vozidla. Musí být tedy dostatečně tuhé a pevné. Vyráběly se z chromované oceli, dnes jsou to výlisky z ocelového plechu, které překrývá plastový kryt zlepšující aerodynamiku a vzhled. Každý automobil musí mít nárazník vpředu a vzad. Pro správnou funkci by měl být přední nárazník o dost výše, než nárazník zadní, to by ale nepříznivě ovlivnilo aerodynamiku a také vzhled vozidel. Podmínky pro účinnost předních a zadních ochranných zařízení (nárazníků) stanovuje předpis EHK-R 42 a norma ISO 2958. Dle předpisu musí být vnější povrch ochranných prostředků na přídě a zádi vozidel pokryt nebo vyroben z pryže nebo jí podobného materiálu a jeho tvrdost nesmí překročit 60 stupňů tvrdosti podle Shorea. Nárazníky musí zabránit poškození vozidla do rychlosti 4 km/h (takový náraz nesmí na automobilu zanechat jediné poškození ani změnu geometrie). V USA je tato hodnota přibližně 8 km/h, proto jsou v USA nárazníky výrazně odlišné od evropských. V současné době se vyvíjejí nárazníky, které těsně před nárazem vystřelí vpřed až o desítky centimetrů. Zmírní se tak síly, které působí na klasické deformační zóny. Tento moderní nárazník můžeme nazvat *předdeformační zónou*. Spolu s adaptivní kontrolou jízdy, kdy tento systém zjistí překážku nebezpečně blízko před autem, jsou takovéto nárazníky velkým přínosem pro bezpečnost v silniční dopravě

1.4.2 Vnitřní pasivní bezpečnost

Vnitřní pasivní bezpečnost zahrnuje všechna opatření vedoucí k zabránění nebo zmenšení zranění posádky vozidla. při čelních srážkách, nárazech zezadu a při převrácení automobilu. Zabývá se deformovatelností přídě a zádě automobilu, ochranou proti dalšímu nárazu (zadržné systémy, hlavové opěrky, vnitřní vybavení vozidla), zachováním prostoru nezbytného pro přežití a ochranou proti vymrštění osob z automobilu.

Deformace přídě a zádě automobilu při nárazu

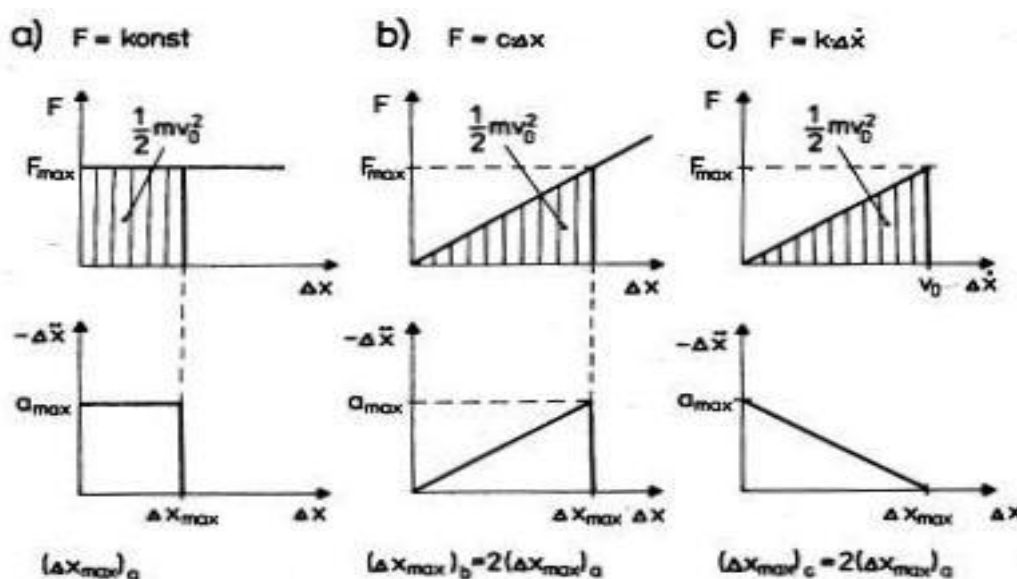
Účinnost se hodnotí čelním nárazem do pevné překážky, který je při nehodách nejčastější. Důležitá je správná konstrukce karoserie tak, aby se síla od nárazu do překážky rozložila a utlumila rovnoměrně po celém voze. Čelní náraz je na znázorněn na obr. 1.11.



Obr. 1.11 Metody pro zkoušku čelním nárazem v Evropě a v USA [2]

Velikost kinetické energie nárazu, která je v okamžiku plně plastického nárazu přeměněna v deformační práci, závisí na intenzitě a směru srážky. (obr.1.12). K absorpci nárazové energie jsou vhodné přední a zadní části vozidla, neboť mají dostatečnou délku deformačních zón (část vozidla, která se při nárazu deformuje). Boční struktura umožňuje malou absorpci množství energie, jelikož nemá dostatečnou délku deformačních zón. Vyšetřování deformačních vlastností přední části vozidla se provádí statickými a dynamickými zkouškami. Při statické zkoušce je vozidlo zakotveno na místě a proti přídě působí hydraulicky ovládaná svislá stěna.

Dynamické zkoušky se provádí tak, že vozidlo čelně narazí na dokonale tuhou a pevnou svislou stěnu. Pro teoretické vyšetřování se používají matematické modely. Dojde – li k nárazu zepředu, deformuje se tzv. měkký díl (blatníky, podběhy, kapota, chladič, přední maska a nárazník). Motor je omezujícím činitelem pro vytvoření správné deformační zóny. Z tohoto pohledu jsou na tom nejlépe vozidla s motorem uloženými před zadní nápravou, nebo vzadu. V dnešní době se dá u samonosných karosérií pomocí počítače s velkou přesností navrhnout deformační zóna tak, že následné zkoušky s hotovým vozidlem pouze potvrdí vypočítané hodnoty. Nelze ale vyřešit všechny typy a úhly nárazů. Nejhorší případy jsou nárazy z boku nebo nárazy pod úhlem na přední sloupek.



Obr.1.12 – Deformační síly a zpoždění vozidla [1]

- a) deformační síla je konstantní
- b) deformační síla je úměrná stlačení přídě
- c) deformační síla je úměrná rychlosti stlačování přídě

Deformace bočních částí automobilu

Boční deformační zónu nelze vytvořit stejně hodnotnou, jakou má zadní část vozu, neboť by se nepřipustně zvýšila šířka automobilu. Všechna vozidla jsou tedy z boku velmi zranitelná, malé vozy vlastně žádnou boční ochrannou zónu ani nemají. Konstrukteři vyztužují boky vozidla proti nadměrné deformaci za účelem zachování prostoru pro přežití posádky. Zesiluje se konstrukce dveří a prahů.

Deformace ostatních částí automobilu

Kovová trubka, která se nachází v místech kloubového spojení sedáku a opěradla je velmi užitečná při nárazu do boku automobilu. Dokáže totiž pohltnout podstatnou část energie dříve, než to pocítí osoba na sedačce.

Ochrana proti dalšímu nárazu

Zahrnuje zadržovací systémy – aktivní i pasivní –, hlavové opěrky, vniknutí hřídele volantu do vnitřního prostoru, deformovatelné uložení volantu a vnitřní vybavení interiéru. Zadržovací systémy a hlavovými opěrkami se budu podrobněji zabývat v dalším bodu své bakalářské práce. Z hlediska vnitřního vybavení interiéru je nejvíce poranění při nehodách způsobeno řídicím ústrojím. Bezpečnost mechanismu řídicího ústrojí se kontroluje zkouškou, která představuje náraz volantu a jeho hřídele při čelním nárazu. Je nutno zabránit zejména průniku řídicího ústrojí do prostoru posádky, dále je potřeba zachytit kinetickou energii řidiče, který je po nárazu automobilu vržen směrem na věnec a střed volantu a také zachytit náraz trupu. Z důvodu zachycení nárazu trupu je střed volantu vyplněn pružným čalouněním, věnec volantu by měl mít povrch z měkkého materiálu, aby se nelámал, jen deformoval. Bariérová zkouška dle předpisu EHK č.12, která se provádí, je určena především k tomu, aby se ověřilo posunutí středu volantu směrem do vozidla. Aby se co nejvíce omezila možnost vniknutí tyče řízení do vnitřního prostoru, využívá se principu zkracování hřídele volantu, jeho dělení, případně jeho vybočení – používá se dělený hřídel volantu s křížovými klouby. Přístrojová deska, která je z hlediska možnosti poranění málo kritickým místem, je dostatečně čalouněna. Okenní sloupek je také čalouněn a nemá ostré hrany.

Zachování prostoru pro přežití a nárazové zkoušky

Zahrnuje odolnost proti převrácení automobilu, proti čelnímu a bočnímu nárazu a také proti posunutí nákladu. Při těchto nárazech chrání posádku před zraněním vhodně zkonstruovaná střední část karoserie. Nosnými a bezpečnostními prvky jsou při zkoušce čelním nárazem do pevné překážky přední, zadní a boční podélníky podlahy, středový tunel podlahy, výztuha předních dveří, přední a zadní sloupky karoserie apod. Automobil musí vyhovovat i nárazové zkoušce pohyblivou bariérou zezadu do stojícího nezabrzdnutého automobilu. Hodnotí se i odolnost prostoru určeného pro cestující při nárazu z boku nebo při převrácení vozidla. Souhrně se tyto zkoušky označují jako nárazové zkoušky a simulují tedy srážku zepředu, z boku a zezadu. Pojmy pro srážky vozidel jsou dány normou ISO 6813 – 81. Předpis EHK č.95 platí v Evropě pro náraz zepředu, pro tuto zkoušku se používá tuhá bariéra, pro boční náraz se využívá posuvné bariéry.

Nárazové zkoušky se provádějí téměř na všech osobních automobilech, které jsou dnes uváděny na trh a zajišťuje je několik organizací, které jsou na sobě navzájem nezávislé a každá postupuje dle své metodiky testování. V Evropě provádí testy organizace Euro NCAP, která simuluje náraz v 64 km/h do bariéry, jejíž čelo není tuhé, má však deformační strukturu a definovatelnou deformační charakteristiku (obr. 1.13). Boční náraz do automobilu se provádí v rychlosti 50 km/h. Dále provádí tzv. poole test, při kterém se ocelovým sloupkem simuluje náraz v rychlosti 29 km/h do stromu. V USA existuje organizace NHTSA, která v rychlosti 56 km/h, provádí čelní náraz do zdi, test převrácení a boční náraz do automobilu v rychlosti 62 km/h. V Austrálii se zabývá testováním automobilů organizace uvedená pod zkratkou ANCAP. Obecně slouží nárazové zkoušky k testování pasivní bezpečnosti vozidel a patří mezi destruktivní zkoušky. V závislosti na výsledku testu je automobilu přidělen určitý počet hvězdiček – maximálně však pět – jako hodnocení bezpečnosti. Je důležité si ale uvědomit, že absolvování těchto testů není podmínkou prodeje vozidla a jeho úspěšnosti na trhu.



Obr.1.13 Čelní srážka

Při nárazových zkouškách se využívají figuríny namísto lidské posádky automobilu.

Ochrana proti vymrštění osob

Pod pojmem ochrana proti vymrštění osob zahrnujeme zámky a závěsy dveří, bezpečnostní skla a zadržovací systémy. Testování dveřních závěsů a dveří se provádí podle předpisu EHK č.11. Na dveře jsou kladeny zvýšené nároky při a po nárazu. Nesmí se při nehodě otevřít, ale musí být po nehodě otvíratelné, nosníky dveří by měly zajistit přenos nárazové síly do karoserie, vnitřní panel dveří musí cestujícím umožňovat dostatečnou deformační dráhu a prostřednictvím závěsů a zámků musí dveře dobře přiléhat ke sloupkům karoserie. Dveře splňují při nehodě hlavně dvě funkce – chrání cestující tím, že jim zajistí prostor pro přežití a zaručují únikovou cestu při zachování normální funkce dveří.

Aby byla jejich funkčnost zachována i po nárazu, musí zámky a závěsy, které slouží jako připevňovací prvky ke karoserii, zůstat při nehodě porušeny. Celý mechanismus umožňující uzavírání a otevírání dveří z vnitřní i vnější strany se označuje jako zámková soustava dveří. Bezpečnostní skla, která jsou v souladu s mezinárodními předpisy se používají na zasklení oken karoserie. Jsou označena značkou výrobce, homologační značkou a časovou značkou. Používají se bezpečnostní skla vyrobená z vrstveného skla, z tvrzeného skla nebo z plastického materiálu. Předpis EHK č.43 stanovuje požadavky pro všechny druhy bezpečnostních skel. Do ochrany proti vymrštění osob patří i zadržovací systémy, které slouží k dodržování biomechanických limitů. Narazí – li automobil do pevné bariéry, je cestující vystaven velmi vysokému zpomalení a k dodržení bezpečnostních limitů je tedy nutný zadržný systém. Nejčastěji používanými zadržnými systémy jsou bezpečnostní pásy a nafukovací vaky (airbagy).

Provozní bezpečnost závisí velkou měrou také na karoserii vozidel. Základní požadavky na karoserii:

- přehlednost všech kontrolních orgánů a zařízení
- ochrana řidiče a cestujících
- omezení hluku
- bezpečný výhled z vozidla dopředu
- omezení vibrací
- příznivá tepelná pohoda pro řidiče a přepravované osoby
- správné tvarování sedadel
- omezení následků nehody
- aerodynamická stabilita
- vysoká životnost

Ministerstvo dopravy České republiky ve spolupráci s Ústavem soudního znalectví v dopravě, Fakulty dopravní ČVUT, spustilo v září roku 2008 po vzoru dalších evropských států kampaň s názvem Nemyslíš, zaplatíš, jejíž cílem je snížit počet nehod na silnicích. Zahrnuje televizní reklamy i krátké relace v rozhlasových stanicích. Jednotlivé reklamy mají upozornit na agresivní jízdu automobilem – nebezpečné předjíždění, na požívání alkoholu a drog před a při jízdě a na používání zadržovacích systému i při cestování na krátké vzdálenosti – bezpečnostních pásů, dětských autosedaček, apod.

2. Zadržné systémy jako prvek pasivní bezpečnosti

K zajištění ochrany cestujících při nehodě není možno spoléhat se jen na bezpečnou strukturu karoserie. Abychom dodrželi biomechanické limity, používáme tzv. zadržné systémy.

Při nájezdu vozidla na pevnou bariéru, je pohybová energie změněna deformací přední části automobilu na přetvárnou práci a vozidlo se zastaví. Nepřipoutaný cestující se po srážce začne pohybovat nezmenšenou rychlostí směrem dopředu a dopadá na části vnitřku vozidla ležící před ním. Člověk je vystaven velmi vysokému zpomalení. K dodržení bezpečnosti je proto nutné, aby byl použit zadržný systém, který by cestujícího udržel na místě. Zadržovací systém má tedy za úkol pevně držet cestujícího při zpomalování vozidla vlivem nárazu. Kinetická energie musí být jako práce zachycena zadržným systémem, který však reaguje s určitou časovou prodlevou. Ta závisí např. na časovém zpoždění čidel zadržovacího systému nebo na vůlích v bezpečnostních pásech.

Základní požadavky na zadržné systémy:

- malé zpomalení cestujícího (nesmí být překročeny biomechanické limity)
- rychlý účinek zadržného systému po okamžiku začátku zpomalování automobilu

Požadavky na zadržovací systémy pro dospělé osoby jsou dány předpisem EHK č.16 a pro děti EHK č.44.

2.1 Druhy zadržovacích systémů

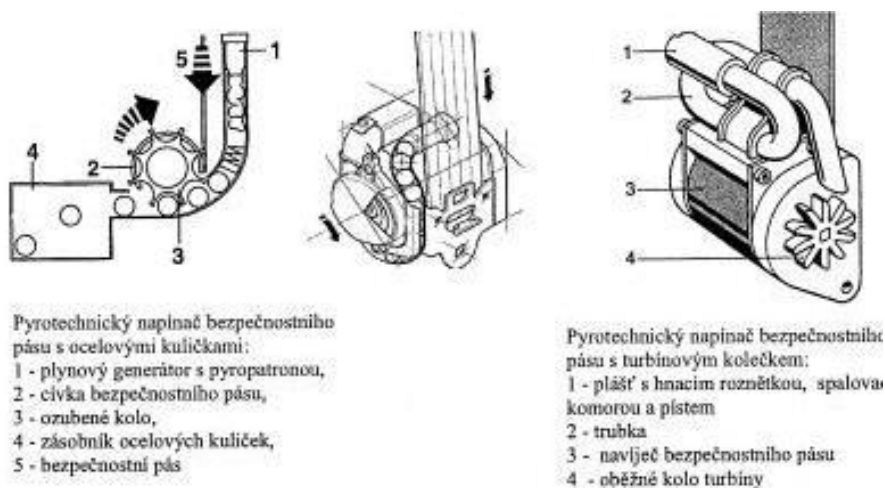
Mezi nejpoužívanější zadržovací systémy patří popruhové systémy – bezpečnostní pásy a nafukovací vaky (airbagy). Dále zde řadíme hlavové opěrky a dětské zadržné systémy (autosedačky). Nejdříve uvedu popis bezpečnostních pásů.

2.1.1 Bezpečnostní pásy

Při více než 2/3 nehod je zasažena přední část automobilu. V 50. letech minulého století vyvinula švédská automobilová společnost Volvo, která se velmi zaměřovala na bezpečnost svých automobilů mnoho zařízení, která měla při nehodě zmírnit následky nárazu cestujícího do částí interiéru automobilu. Tímto řešením byla např. čalouněná palubní deska či úchyty pro dvoubodový bezpečnostní pás na předních sedadlech automobilu. Od roku 1957 byly automobily značky Volvo vybavovány těmito úchyty pro dvoubodový bezpečnostní pás již standardně. Jak již jsem zmínila, byl to konstruktér Nils Bohlin, kdo si uvědomil, že by se v sedadle měla udržet horní i spodní část těla cestujícího. U třibodového bezpečnostního pásu je veden jeden pruh přes boky a druhý přes hrudník. Patent na tento bezpečnostní pás si podal Bohlin roku 1958 a ve vozech Volvo byl poprvé použit roku 1959. Poté se brzy rozšířil do všech zemí, jelikož značka Volvo dala k dispozici svůj patent všem výrobcům automobilů. Roku 1963 byl uveden třibodový bezpečnostní pás v USA. Nejprve se bezpečnostní pásy používaly pouze na předních sedadlech automobilů, teprve později si výrobci uvědomili i význam toho, aby cestující na zadních sedadlech seděli pevně připoutáni na svých místech. Již od počátku 90. let se v téměř všech automobilech používají pásy, které jsou samonavíjecí, a jejich popruh je speciálním zařízením napínán na těle cestujícího. Bezpečnostní pás zachránil na silnicích život milionů lidí. Často bývá považován za jeden z 8 nejdůležitějších vynálezů 20. století. Jeho historie začíná v roce 1902, kdy se *Walter C. Baker* z amerického Clevelandu před pokusem o rychlostní rekord v elektromobilu přivázal k sedadlu koženým řemenem. Při havárii se jeho vůz několikrát převrátil a řemen mu patrně zachránil život. V dnešní době povinné bezpečnostní pásy používá vždy zhruba jen 60 % cestujících v automobilech na předních sedadlech a asi jen 30 % cestujících na zadních sedadlech. Nepřipoutání se bezpečnostními pásy může mít i při sebemenší nehodě velké následky. Až 80 procentům úmrtí u cestujících na předních sedadlech by se dalo při dopravních nehodách zabránit, kdyby cestující vzadu také používali bezpečnostní pásy. Cestující vzadu, kteří nejsou upoutáni, při srážce totiž ohrožují nejen sebe, ale prudce narazí i do pasažérů před nimi. Ve většině zemí jsou povinné pásy na předních sedadlech, některé země trvají na pásech i pro cestující vzadu. Riziko úmrtí řidiče a cestujícího vpředu, kteří mají zapnuté bezpečnostní pásy, je asi pětikrát větší v případě, že cestující vzadu pásy zapnuté nemají.

Napínače pásů

Nejúčinnější jsou bezpečnostní pásy při čelní srážce. Je nezbytné, aby existovala vůle mezi pásem a tělem cestujícího, snažíme – li se i o pohodlí cestujícího. Klasické tříbodové bezpečnostní pásy začínají k tělu cestujícího přiléhat, až po tom, co se po určité dráze pohybuje vpřed. Napínače bezpečnostního pásu (přitahovače nebo předepínače) slouží k tomu, aby došlo k zabránění prokluzu pánve cestujícího pod pásem.. Prahová hodnota, kdy dojde k e spuštění napínače pásů je $4 - 5 \text{ g}$, kde $g = 9.81 \text{ m.s}^{-2}$. Mechanický napínač bezpečnostního pásu – je aktivován mechanickým senzorem, což je systém s pružnou hmotou, který reaguje na zpoždění automobilu ve směru podélném, pyrotechnický napínač zámku pásu – je aktivován elektronickým impulsem z řídicí jednotky při nárazu v rychlosti větší než je 15 km/h . Prahová hodnota pro aktivaci napínače pásu je nižší než pro aktivaci čelního nafukovacího vaku, z čehož vyplývá, že k aktivaci napínače dojde za daných okolností i při srážce, která závažností nesplňuje podmínky, jež jsou dány pro aktivaci čelního nafukovacího vaku. Napínače bezpečnostních pásu snižují riziko zranění cestujících. Je – li bezpečnostní pás pevně utažen, dokáže lépe zachytit tělo pasažéra a tím i rovnoměrněji rozložit silové zatížení během dopravní nehody. Vyobrazení pyrotechnického napínače bezpečnostních pásů vidíme na obr. 2.1.



Obr.2.1 Pyrotechnický napínač [2]

Speciální mechanismus napínání pásu funguje na principu navíjení popruhu působením spirálové pružiny, při tahu uvolňuje popruh, při odlehčení popruh navíjí. Kromě navíjecího mechanismu jsou uvnitř systému mechanismy zablokování pásů, bez nichž by pás neměl ochrannou funkci. Poměrně nebezpečným doplňkovým prvkem na bezpečnostních pásech je omezovač tahu pásů.

Pravidelným navíjením a odvíjením se udržuje samonavíjecí mechanismus v chodu. Při použití kolíčku, se pás nenavine, což může vést k postupnému zatuhnutí navíjecího mechanismu. Podle předpisu není povoleno žádným způsobem zasahovat do funkce bezpečnostních pásů. Bezpečnostní pásy můžeme rozdělit podle počtu bodů, jimiž jsou připevněny k vozidlu. Nejvíce se používá aktivní tříbodový pás (kombinovaný diagonální a pánevní pás). V USA se používají i bezpečnostní pásy, u kterých může být ramenní část pásu uzavírána samostatně, zatímco diagonální a břišní část tvoří jedna smyčka, která probíhá k zasouvací části závěru pásu. Tříbodové pásy jsou takové, kdy jeden bod je nahoře nad ramenem a další dva po stranách sedačky. Pás je tedy veden jako úhlopříčka přes tělo od ramena přes hrudník k pasu, kde je pod úrovní sedadla uchycen a kde je také spona se zámkem, odtud vede přes břicho na protilehlou stranu sedačky, kde je třetí upevňovací bod. Horní kotvící bod je dnes většinou proveden jako výškově stavitelný pro dosažení optimální polohy pásu na těle, pás se nesmí dotýkat krku (tvrdá hrana může při nehodě způsobit prořiznutí krčních tepen). U zadních sedadel se kromě dvou tříbodových pásů používá často jeden pás dvoubodový, který se zapíná přes břicho a není samonavíjecí. Montuje se na prostřední sedačku. Jeho účinek při případné nehodě není optimální. Jinak se břišní pásy používají jen zřídka vzhledem k efektu zavíracího nože. Tříbodové a dvoubodové pásy se předepisují u sériových vozidel, kdežto závodní vozidla používají pásy čtyřbodové a vícebodové. Čtyřbodové pásy typu „šle“ se používají přes břicho a spojí se sponou s zámkem. Nevyrábějí se v samonavíjecím provedení. Šestibodové pásy jsou čtyřbodové pásy rozšířené o upevnění stehen. Existují však i speciální pásy pro těhotné ženy (obr.2.2). Většina žen v těhotenství nepoužívání bezpečnostní pásy z důvodu obavy o zdraví nenarozeného dítěte. Opak je pravdou. Přibližně 70 % těžkých úrazů v období těhotenství má souvislost s dopravními nehodami. Při používání bezpečnostního pásu těhotnými ženami je nutno dodržovat určitá specifická pravidla – pás by neměl sklouzávat z ramen a jeho spodní část by měla být umístěna co nejnižší, je ovšem nutno bezpečnostní pás, ať klasický nebo speciální pro těhotné ženy, používat.



Obr.2.2 Bezpečnostní pás pro těhotné

2.1.2 Hlavová opěrka

Je to prvek pasivní bezpečnosti. Správně seřízená opěrka omezuje zpětný pohyb hlavy při nárazu. Jejím úkolem je hlavně chránit krční páteř cestujícího a to tím, že se v okamžiku nárazu automobilu co nejvíce přiblíží jeho hlavě, vyztuží tak jeho krční páteř a zároveň pomáhá zachytit setrvačné síly, které na ni začínají při nárazu působit. V případě nehody totiž nedokáží krční svaly udržet hlavu v bezpečné poloze a může dojít ke zlomení vazů. Opěrky se dříve vyráběly jako doplňkový díl, který se shora nasadil na opěradlo sedadla a byl fixován zády sedící osoby. Některé opěrky jsou zabudovány přímo do opěradla a nelze je odejmout. Nejdůležitější pro funkci opěrky hlavy je její správné seřízení. Opěrka by neměla bránit volnému pohybu hlavy za jízdy, ale mezi hlavou a opěrkou by měla být co nejmenší vzdálenost. Systém aktivních opěrek hlavy může pracovat dvěma způsoby.

Prvním způsobem, je, že se silovým působením zad cestujícího a jeho ramen na opěradlo při nárazu uvede do činnosti pákový mechanismus ukrytý v opěradle, opěrka se vysune směrem dopředu a mírně se sklopí, jelikož opora hlavy by měla být při jejím zpětném pohybu maximální a vzdálenost naopak minimální. Druhým způsobem je spolupráce aktivních opěrek hlavy s nafukovacími vaky. Když se aktivují nafukovací vaky, mechanismus pomocí elektronického systému přiblíží opěrky hlavy směrem vpřed tak, aby zpětná dráha hlavy cestujícího k opěrkám byla opět co nejkratší a nedošlo tak k takovému nárůstu nebezpečného zpětného zrychlení lidské hlavy. Aktivní opěrkou hlavy se snižuje ohybový moment u krční páteře až o 45 procent. Princip vysunutí aktivní hlavové opěrky je vidět na obr.2.3.



Obr.2.3 Princip vysunutí hlavové opěrky [16]

2.1.3 Dětské autosedačky

Zákon č.361/2000 Sb. a jeho novela uvádí, že řidič motorového vozidla je povinen přepravovat ve vozidle kategorie M1, N1, N2 nebo N3, které je vybaveno zadržným systémem, dítě, jehož tělesná hmotnost nepřekračuje 36 kg a tělesná výška nepřevyšuje 150 cm, pouze za použití dětské autosedačky a to na všech typech pozemních komunikací v České republice. Dítě musí být umístěno v autosedačce, která odpovídá jeho hmotnosti a vzrůstu a nesmí být přepravováno v dětské autosedačce směrem proti čelu jízdy na sedadle, které je vybaveno nafukovacím vakem, který nebyl uveden mimo činnost.

Existují ale výjimky pro početnější rodiny. Pokud se na zadní sedadlo nevejdou vedle sebe tři sedačky, je možné třetí dítě vézt také, ale pouze je-li připoutané bezpečnostním pásem. Velmi nebezpečné pro celou posádku automobilu jsou představy, že dospělý udrží dítě na klíně – kinetická energie při nárazu mu spolehlivě potomka vytrhne z rukou. Pokud je sám připoután, tak dítě vyletí nejspíš z vozu a cestou vážně či smrtelně poraní osobu na předním sedadle. Každoročně zahyne v automobilech v ČR více než deset dětí jen proto, že nebyly v sedačce. Důležitý je také výběr sedačky – základním kritériem je váha, výška a věk dítěte. Pokud je malé dítě přepravováno v sedačce typu vaničky (skořepiny), tak musí být airbag spolujezdce bezpodmínečně vypnut. V zásadě je několik typů autosedaček odlišitelných dle hmotnosti dítěte, nebo dle konstrukce. Konstrukčně jsou sedačky určeny pro použití na zadních sedadlech, na předních sedadlech, nebo univerzální. Jsou i dětské sedačky integrované do zadních opěradel. Uvedu rozdělení do několika hmotnostních skupin: (0–13) kg, (9–18) kg, (15–25) kg a (22–36) kg. Sedačky pro děti do 5 až 6 let věku (do 25 kg) vypadají klasicky, pro větší a starší děti se používají už jen podsedačky. Klasická dětská autosedačka je automobilovými pásy nebo pomocí zvláštních systémů (např. ISOFIX) upevněna k sedadlu automobilu a dítě je v dětské sedačce zajištěno vlastními pásy dětské autosedačky. (obr.2.4). Systémem Isofix se označuje normované ukotvení dětské sedačky.

Dochází k propojení výrobcem schválené dětské sedačky s konstrukcí automobilu za pomoci pevných třmenů. Isofix umožňuje jednoduché a pevné ukotvení dětské sedačky ve vozidle. Normované kotevní body jsou na zadních krajních sedadlech, kotevní body systému Isofix jsou i na předním sedadle spolujezdce, to však pouze u modelů automobilů, ve kterých existuje možnost deaktivace nafukovacího vaku na sedadle spolujezdce.



Obr.2.4 Dětská autosedačka

2.1.4 Nafukovací vaky

Patří mezi zádržné systémy a jsou jedním z mnoha výsledků vývoje pasivních bezpečnostních systémů v oblasti konstrukce automobilů a budu se jimi dále zabývat v samostatné kapitole.

3. Nafukovací vaky

Jak jsem již zmínila je nafukovací vak prvkem pasivní bezpečnosti. Působí jako přímá ochrana hlavy před nárazem na vnitřní části vozidla při čelní srážce nebo boční srážce. Nejdříve se začal používat čelní nafukovací vak. Vynalezl ho John W.Hetrick roku 1952 a roku 1953 si ho nechal patentovat. Zařízení podobná nafukovacím vakům se však již dříve – ve 40.letech 20. století používala v letadlech. Jednou ze základních součástí nafukovacích vaků je senzor pro detekci nárazu, který vynalezl Američan Allen Breed a roku 1967 tento svůj vynález prodal firmě Chrysler. Všeobecně rozšířeným mylným názorem v té době bylo, že se nafukovací vaky dají používat jako náhrada bezpečnostních pásů. Což ovšem není pravda, jelikož nafukovací vak samotný pouze zpomaluje náraz, ale není schopen cestujícího nijak zadržet, proto je nutné používat nafukovací vaky spolu s bezpečnostními pásy. Odhaduje se, že počet usmrcených a těžce zraněných osob se používáním nafukovacích vaků snížil až o polovinu. Roku 1969 byl v USA přijat zákon vyžadující, aby v každém novém automobilu byl pasivní ochranný systém cestujících.

V roce 1971 vyrobil Ford zkušební sérii automobilů vybavených nafukovacími vaky, roku 1972 se objevil první sériově vyráběný automobil, který byl vybaven nafukovacím vakem a byl to Chevrolet Impala, kterého se ale prodalo jen několik tisíc kusů. Později byly nafukovací vaky nabízeny jako zvláštní výbava u některých dalších značek a nesetkaly se s velkým ohlasem, prodalo se opět jen několik tisíc automobilů vybavených nafukovacími vaky. Když v prosinci roku 1980 představila firma Mercedes – Benz model W126, byly nafukovací vaky prezentovány již jako doplněk bezpečnostních pásů, nikoliv jako jejich náhrada. V roce 1995 byly poprvé jako doplňková výbava automobilu představeny boční nafukovací vaky – prezentovala je švédská značka Volvo. Hlavové nafukovací vaky se objevily v základní výbavě o tři roky později, poprvé u německé značky automobilů BMW.

Popis aktivace nafukovacího vaku od nárazu do zastavení automobilu z počáteční rychlosti 56 km/h. Vše se odehraje v čase přibližně 150 ms (milisekund). Kde 100 ms = 0.1 sekundy.

Časový průběh rozvinutí nafukovacího vaku pro řidiče a spolujezdce

0 ms – náraz

25 ms – elektronický snímač aktivuje odpálení roznětky pro tvorbu plynu v modulu nafukovacího vaku řidiče

30 ms – nafukovací vak se plní a kryt modulu řidiče se trhá

35 ms – nastává aktivace odpálení roznětky modulu pro spolujezdce, vak se plní

40 ms – otevírá se kryt modulu pro nafukovací vak spolujezdce a vak se zcela naplní

54 ms – nafukovací vak řidiče je naplněn, řidič se do něj začíná ponořovat

66 ms – nafukovací vak spolujezdce je naplněn, spolujezdec do něj začíná ponořovat

84 ms – maximální ponoření řidiče do vaku, pohybe zpět od volantů

98 ms – maximální ponoření spolujezdce, jeho pohyb zpět

150 ms – pohyb řidiče i spolujezdce zpět do sedaček, vyprazdňování nafukovacích vaků

Šest fází rozvinu bočního nafukovacího vaku

0 ms kolize – náraz do boku automobilu

5 ms – senzor bočních nafukovacích vaků hlásí náraz, odpálí se příslušný nafukovací vak

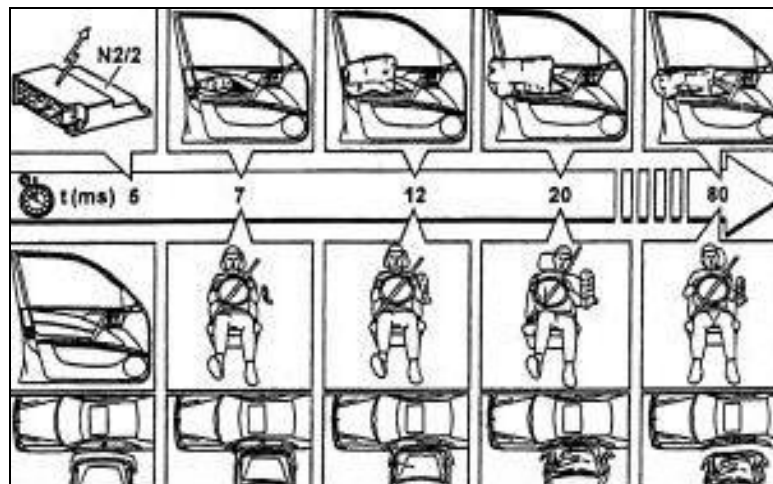
15 ms – boční nafukovací je nafouknut

25 ms – cestující se zaboří do bočního nafukovacího vaku

40 ms – počátek vyfukování bočního nafukovacího vaku

60 ms – cestující se odklání od boční strany automobilu a navrácí se do výchozí polohy

Rozvinutí bočního nafukovacího vaku – viz. obr.3.1.



Obr. 3.1 Průběh aktivace bočního nafukovacího vaku [9]

Doplňkový zádržný systém (SRS – Supplemental Restrain System)

Jedná se o systém nafukovacích vaků, které už zachránily desetitisíce životů. Tento systém zajišťuje to, že při kolizi dojde k okamžitému použití nafukovacích vaků, které pomohou spolu s bezpečnostními pásy zmírnit náraz řidiče na volant nebo spolujezdce na palubní desku. V Evropě dojde k jejich spuštění při rychlostech více než 25 -30 km/h. V Kanadě a v USA dochází ke spuštění nafukovacích vaků při nehodách již při rychlosti 20 km/h, jelikož tam není předepsána povinnost používat za jízdy bezpečnostní pásy. Každý systém nafukovacích vaků je složen ze vzduchového vaku, generátoru plynu, řídicí jednotky a senzorů nárazu.

3.1 Vzduchový vak

Tvoří ho polyamidová tkanina zevnitř opatřená silikonovou vrstvou, v okamžiku, kdy je nafouknut a dochází k zachycení cestujícího; přenáší zatížení odpovídající dvou tunám, poté se začíná vyfukovat a plyn uniká skrz speciální otvory na odvrácené straně. Co se týče objemu vzduchových vaků, liší se v Evropě a v USA. Zmínila jsem, že v USA a Kanadě není povinné se poutat při jízdě bezpečnostním pásem, z toho důvodu jsou tam nafukovací vaky mající větší objem a nafukují se kratší dobu.

Evropa

- vzduchový vak řidiče – 35 litrů
- vzduchový vak spolujezdce – 65 litrů

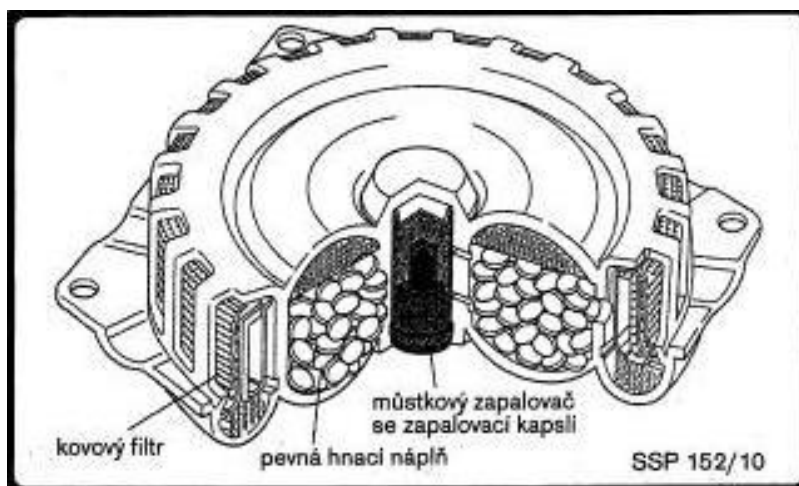
Kanada a USA

- vzduchový vak řidiče – 60 – 80 litrů
- vzduchový vak spolujezdce – 120 – 160 litrů

Protože jsou vzduchové vaky vyrobeny z plastu (PA 6.6), je jejich životnost omezená. U většiny automobilů se pohybuje v rozmezí 10 – 15 let, samozřejmě je však výměna po každé nehodě, kdy dojde k jejich aktivaci.

3.2 Generátor plynu

Je tvořen pouzdrem, kovovým filtrem, pevným hnacím palivem ve formě tablet a můstkovým zapalovačem se zapalovací kapslí – viz.obr. 3.2. Při zapálení dochází k vyhoření acidu sodíku NaN_3 v generátoru plynu. Ve spalovací komoře tohoto generátoru se nachází dávka acidu dusíku slisovaná do podoby tablet – v nafukovacím vaku řidiče je to 150 g a v nafukovacím vaku spolujezdce je to 350 g. Uprostřed spalovací komory je také můstkový zapalovač se zapalovací kapslí – ta obsahuje 8 gramů nitrocelulózy neboli černého prachu. Drátem můstkového zapalovače prochází ze zapalovacího kondenzátoru proud, přitom vzniká teplo, které je dostačující k zapálení nitrocelulózy, poté za velkého tlaku a teplot, dojde k zapálení samotného acidu sodíku. Plyn vzniklý při tomto hoření se vyčistí přes kovový filtr a už ochlazený se dostane do vzduchového vaku, který nafoukne. Plyn, který vstupuje do vzduchového vaku musí být již dostatečně ochlazen, aby nedošlo k popálení cestujících při nehodě. Šetrnější k životnímu prostředí je použití hybridního generátoru plynu, který neobsahuje pevné hnací palivo, ale stlačený plyn tvořený vzácnými plyny – 98 % argonu a 2 % hélia. Tato směs je v zásobníku pod tlakem, který se pohybuje v rozmezí 24 – 30 MPa. Při aktivaci nafukovacího vaku se otevře membrána a plyn nafoukne vzduchový vak.



Obr. 3.2 Generátor plynu [9]

3.3 Řídicí jednotka

Tvoří ji diagnostická jednotka a paměť závad (monitorovací elektronika), měnič napětí, záložní zdroj energie a pojistný senzor. Úkolem řídicí jednotky je dohlížet na připravenost systému nafukovacích vaků k činnosti a v případě jakékoliv závady to prostřednictvím kontrolky na přístrojové desce to ihned hlásit řidiči automobilu. Spolupracuje se senzory nárazu, a proto také dokáže dát při kolizi včas pokyn k nafouknutí vzduchových vaků.

3.4 Senzory nárazu (zrychlení)

K tomu, aby řídicí jednotka zaznamenala, že došlo ke zpomalení automobilu a je zapotřebí aktivovat nafukovací vaky, je třeba mít dva na sobě nezávisle pracující snímače nárazu nebo zrychlení. Existují dva snímače, které se montují buď jako přídavné zařízení v přední části automobilu nebo jsou zabudovány v řídicí jednotce. Senzory jsou dva, jelikož je každý z nich na jedné straně automobilu a vždy alespoň jeden z nich náraz při nehodě zaznamená. Tyto čelní senzory fungují na mechanickém principu. Jsou složeny z válečku velké hmotnosti, pružinového kontaktu, připojovacích pásků a pouzdra. Uvnitř dutého válečku je kalibrované závaží, které je ovinuto bronzovou pružinou, má zcela bezpečné uložení, ze kterého se může vychýlit pouze za působení určité síly v určitém směru.

Dojde – li k nárazu, váleček se převálí přes pružinu a dojde k sepnutí proudu v obvodu k řídicí jednotce. Tyto mechanické senzory jsou připraveny reagovat až při zrychlení 3 – 5 g. Avšak k tomu, aby došlo k použití nafukovacích vaků nestačí pouze aktivace jednoho senzoru, je podstatné, aby byl aktivován i senzor, který se nazývá pojistný a je integrován do řídicí jednotky. Je pojistkou proti tomu, aby nedošlo k samovolnému spuštění nafukovacího vaku v případě, že by byla závada na jednom z čelních senzorů. Tento pojistný senzor je elektromagnetický, tvořený z Reedova kontaktu a prstencového magnetu za působení pružiny. Jeho nastavení je takové, že za standardních podmínek jízdy k jeho sepnutí nemůže dojít.

3.5 Dělení systémů nafukovacích vaků

Systémy nafukovacích vaků členíme do pěti skupin podle toho, jak se vyvíjely:

3.5.1 Systémy nafukovacích vaků 1.generace

Patří zde automobily, které byly nebo jsou vybaveny jen nafukovacím vakem na místě řidiče. Systém je tvořen ze dvou čelních senzorů nárazu, z řídicí jednotky, z generátoru plynu se vzduchovým vakem, vinuté pružiny, která slouží pro bezpečné přivádění napětí do generátoru plynu a z kontrolky umístěné v přístrojové desce automobilu.

3.5.2 Systémy nafukovacích vaků 2.generace

Je konstruován jako doplňkové vybavení pro pozdější montáž. Složen z řídicí jednotky, senzoru nárazu, generátoru plynu, vzduchového vaku a kontrolky zabudované v přístrojové desce.

3.5.3 Systémy nafukovacích vaků 3.generace

Tato generace již byla vybavena nafukovacím vakem řidiče, spolujezdce i napínačem bezpečnostního pásu, který mohl být aktivován společně přes řídicí jednotku. Systém byl tvořen řídicí jednotkou s čelními senzory nárazu, zabezpečovacími snímači pro nafukovací vaky řidiče a spolujezdce, generátory plynu pro nafukovací vaky řidiče i spolujezdce, kontrolkami umístěnými v přístrojové desce, pojistkami, vinutými pružinami a konektory diagnostiky.

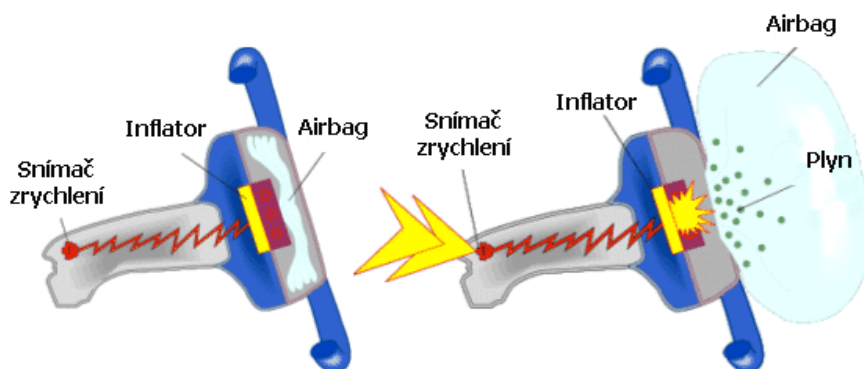
3.5.4 Systémy nafukovacích vaků 4.generace

Tato generace je již vybavena nafukovacími vaky na místě řidiče, spolujezdce i bočními nafukovacími vaky. Nechybí ani napínače bezpečnostních pásů. Systém je tvořen z řídicí jednotky, senzorů zrychlení, zabezpečovacích senzorů pro nafukovací vaky řidiče a spolujezdce, z generátorů plynu pro nafukovací vaky řidiče i spolujezdce, z hlavového a bočního nafukovacího vaku, z kontrolky na přístrojové desce a z pojistné svorky připojení k akumulátoru. Systém dokáže komunikovat s řídicí jednotkou motoru.

3.5.5 Systémy nafukovacích vaků 5.generace

Tvoří ji řídicí jednotka spolu se satelitními senzory. Je tvořena z čelních pravých a levých senzorů nárazu, z dvoustupňových nafukovacích vaků – řidiče a spolujezdce, pro dolní část nohou a pro kolena, napínače pásů na všech sedadlech, z bočních předních i zadních nafukovacích vaků, okenních a hlavových nafukovacích vaků v předu i v zadu, které mají boční senzory, řídicí jednotky Adonis a senzorů při nárazu zezadu, snímačů obsazení sedadel automobilu, senzoru blízkého se nárazu, aktivních opěrek, senzoru dětské autosedačky, satelitních senzorů, nafukovacího vaku s pánevním pásem a systému sběrníkové datové technologie.

Nafukovací vak (obr. 3.3) je v klidu složen do velmi malého objemu a umísťuje se např. do středu volantu, do palubní desky před spolujezdce, do boků a zadních stěn sedadel, do okenních rámců a na další místa.



Obr.3.3 Schéma nafukovacího vaku [16]

Aby byli cestující více chráněni i v těchto nebezpečných situacích, objevily se v kabinách osobních automobilů další typy vzduchových vaků. Jedná se převážně o jejich asymetrické varianty, ukryté ve dveřích nebo bocích opěradel sedadel pro ochranu hlavy a horní části trupu a také nafukovací vaky záclonového typu s velkou rozvinutou plochou, která chrání před přímým nárazem hlavy do střešních sloupků. Ochrana nafukovacím vakem je složitým a vysoce citlivým elektronickým systémem, u něhož se uplatňují nejnovější poznatky z vývoje čidel plynových generátorů.

Nafouknutý nafukovací vak by při deformaci kabiny mohl způsobit zablokování těla v nepřirozené poloze, případně i udušení, ale hlavně jde o vzduchovou pružinu, která může vymrstit tělo zpět do opěradla a tím zvýšit přetížení. Proto se ihned po nafouknutí aktivuje vypouštěcí ventil, kterým uniká plyn z nafukovacího vaku ven. Dnešní nafukovací vaky mají odpouštění plynu z důvodu větší ochrany posádky řízeno dvoufázově, nejprve se odpustí cca 25% tlaku a teprve za relativně delší čas (v řádu desetin vteřin) zbytek. Tím funkce nafukovacího vaku končí. Nafukovací vak nelze použít opětovně, po opravě vozidla se montuje vždy nový. V blízké budoucnosti lze také počítat s tím, že v systému preventivní ochrany cestujících bude airbag podle zmapované situace reagovat dříve a s pomalým plněním ještě před nárazem, takže osoby budou dostatečně fixovány na svých sedadlech a nedosáhnou tak vysokých hodnot zpoždění během nárazu.

Rozsáhlý test německého autoklubu ADAC ukázal, co by se případně mohlo stát cestujícím v osobním automobilu, pokud nepoužívají správným způsobem bezpečnostní prvky. Řidič, který jede nepřipoutaný a spoléhá pouze na účinek airbagu, riskuje v případě nehody smrt. Děti na zadních sedadlech, které nejsou zabezpečeny, jsou nejen samy v ohrožení, ale mohou být příčinou zranění osob na předních sedadlech, neboť jsou při nehodě setrvačnou silou vrženy proti předním sedadlům. V návaznosti na výsledky testu je nutno poznamenat, že je nutné, aby motoristi věnovali maximální pozornost správnému užívání všech bezpečnostních systémů v osobních automobilech.

4. Hodnocení a doporučení

Z počátku byl do vozidel instalován pouze nafukovací vak na místě řidiče, následně na to i na místě spolujezdce. V současnosti se uplatňuje taková koncepce, že je potřeba ochránit cestující ze všech stran – z tohoto důvodu se používají jednostupňové a dvoustupňové nafukovací vaky řidiče, jednostupňové a dvoustupňové vaky spolujezdce, boční nafukovací vaky v sedačkách a ve dveřích automobilu, hlavové nafukovací vaky, okenní, nafukovací vaky pro kolena, v dolní část nohou, v opěrkách hlavy a pánevní nafukovací vaky. Nová koncepce nafukovacích vaků zahrnuje i vak pro cestující na zadních sedadlech, jenž je umístěn v přední části sedáku zadních sedadel. Již v 50. letech 20. století se objevily i systémy podobné dnešním nafukovacím vakům, avšak s tím rozdílem, že nafukovací vak aktivoval sám řidič. Předmětem diskuze bylo v tehdejší době i použití pyrotechnické nálože, která slouží k nafouknutí nafukovacího vaku a to z důvodu obavy zacházení s výbušninami během výroby i z hlediska dalších rizik, která vyplývala z instalace nafukovacího vaku s touto náloží do automobilu. Nafukovací vaky měly nahradit třibodové bezpečnostní pásy. Zejména konstruktéři ze společnosti Volvo argumentovali tím, že nejlepšími výsledky na poli bezpečnosti bude dosaženo, použijí – li se nafukovací vaky v kombinaci s třibodovými bezpečnostními pásy. Zásluhou používání nafukovacích vaků klesá již řadu let počet usmrcených při dopravních nehodách.

4.1 Vývoj

Vývoj v oblasti nafukovacích vaků směřuje v dnešní době k inteligentním adaptivním systémům nafukovacích vaků, které se dokáží přizpůsobit tělesné hmotnosti a výšce cestujících a dokonce i druhu a závažnosti dopravní nehody. Problémem u systémů, které nejsou adaptivní neboli přizpůsobivé je hlavně to, že menší a lehčí cestující potřebují nafukovací vaky, které nejsou tak „tvrdé“ a které nereagují tak rychle jako vaky pro těžší cestující. Dále se vývoj zaměřuje na to, aby nedošlo k nafouknutí vaku při pouhém podezření na nehodu. Výrobci automobilů si uvědomují, že nafukovací vaky mají jednotné nastavení. Proto přišli s použitím senzorů a kamerových systémů, které jsou schopny zaznamenat výšku, hmotnost, polohu pasažéra a obsazenost jednotlivých sedadel.

Společnost Siemens VDO vyvinula novou generaci snímačů, které umí zjistit hmotnost cestujícího a podle toho posudí do jaké míry mají nafukovací vak naplnit plynem. Hmotnostní sensor AWS II (Advanced Weight Sensor) má v sedadlech zabudována čtyři čidla, která jsou procesem indukce schopna zjistit hmotnost cestujícího s max. odchylkou 150 gramů. V důsledku sil, které působí na sedadlo, dochází ke změně polohy kovového perka čidla až o 0.2 mm. Změna je dále převedena na elektrický signál a předána řídicí jednotce nafukovacího vaku. Řídicí jednotka dále použije získané informace k vypočtení hmotnosti na daném sedadle a jednotlivé cestující rozdělí do jedné z pěti kategorií – od dítěte po dospělého s hmotností 95 kg. Dojde – li k dopravní nehodě, nafukovací vak se nafoukne dle zjištěných parametrů. Senzor AWS II (obr.3.4) lze snadno zabudovat do sedadel v různých vozidlech. Německá společnost Siemens nyní pracuje na optickém a hlukovém senzoru. Systém ochrany je uveden do činnosti pouze tehdy, když je přesně a spolehlivě vyslán varovný signál. Dnes je tedy vývoj zaměřen na inteligentní senzory, které dokáží v předstihu vyhodnotit následky nehody – měly by upozornit na vážnou dopravní nehodu, ještě než dojde k deformaci automobilu. Senzory tohoto typu jsou již připraveny k sériové výrobě, ale vzhledem k případné právní odpovědnosti váhají výrobci s jejich zavedením. Na lepší ochranný účinek má vliv i asymetrické skládání nafukovacích vaků, které vede k pozvolnému rozvinutí nafukovacích vaků. Generátory plynu v nafukovacích vacích se také vyvíjejí, upřednostňují se zejména hybridní generátory – zde se plyn potřebný na plnění vaku nevyrábí chemickou reakcí, ale odebírá se z tlakové lahve. Použití helia zabraňuje nežádoucímu oteplení při nafouknutí vaku. Celkově však účinnost nafukovacích vaků není tak jednoznačná jako účinnost bezpečnostních pásů. Čelní nafukovací vak je účinný jen v případě čelní srážky při dopravní nehodě, v žádném případě neslouží jako náhrada bezpečnostního pásu. Vývoj v oblasti nafukovacích vaků se zaměřuje i na ochranu chodců v případě, že dojde k jejich střetu s vozidlem, jelikož chodci patří mezi nezranitelnější účastníky silničního provozu.



Obr. 3.4 Senzor AWS II

4.2 Úskalí nafukovacích vaků

Nafukovací vaky zabraňují vzniku vážných zranění při dopravních nehodách, avšak mohou zranění i způsobovat. Nejsou – li cestující připoutáni bezpečnostním pásem a jsou – li nakloněni příliš dopředu, může dojít k jejich zranění. V USA docházelo do roku 1996 k velkému počtu usmrcení dětí usazených v dětské sedačce na předním sedadle proti směru jízdy a to z toho důvodu, že nebyla provedena deaktivace nafukovacího vaku před jízdou. Nevýhodou nafukovacích vaků jako je i jejich omezená životnost. Dojde – li k jejich aktivaci při dopravní nehodě, musí se poté vždy vyměnit. I v případě, že nebyly nikdy aktivovány, je potřeba je za 10 – 15 .let vyměnit. Dalším problémem je, že pokud dojde k nehodě při rychlosti vyšší, než na kterou jsou nafukovací vaky zkonstruovány, nestačí se dostatečně rychle nafouknout. Jsou zkonstruovány na používání v rychlostech od 20 do 70 km/h. Další nevýhodou nafukovacích vaků je ten fakt, že mají ochrannou funkci pouze po krátký časový úsek. Nastane – li po nehodě situace, že automobil nezůstane v klidu, ale ještě se dále pohybuje, nafukovací vaky, jelikož jsou vyfouknuty, již dalším možným zraněním způsobených nárazy těl cestujících např. na volant, čelní sklo či palubní desku. Z tohoto pohledu řadíme mezi základní bezpečnostní prvky především bezpečnostní pásy a hlavové opěrky.

4.3 Doporučení

- zavedení jednotných zkoušek nárazem, jelikož se tyto zkouška v současnosti provádějí téměř na všech osobních automobilech, které se dostávají na trh a na světě existuje několik organizací, které zajišťují nárazové zkoušky, jsou na sobě nezávislé a také metodika jejich testování se liší – v rychlostech, typech nárazů i hodnocení testů, výsledky různých testů mohou být poté zavádějící pro zákazníka - laika
- sledovat kolik procent automobilů v České republice je vybaveno systémem nafukovacích vaků
- nutná inovace vozidlového parku
- zákaz dovozu vozidel, která nejsou vybavena systémem nafukovacích vaků
- dohlížet na povinnost cestujících ve vozidlech kategorie M2 a M3 používat bezpečnostní pásy

4.3.1 Přehled vybraných modelů Škoda Auto Česká republika:



Škoda Felicia – začátek výroby - rok 1994

V mimořádné výbavě tohoto automobilu najdeme nafukovací vaky řidiče i spolujezdce i napínače pásů pro cestující na předních sedadlech. Naplněný nafukovací vak pro řidiče má objem 35 litrů, pro spolujezdce 60 litrů.

Škoda Octavia – začátek výroby - rok 1996

Bezpečnostní systémy nafukovacích vaků byly doplněny o boční nafukovací vaky – řidiče a spolujezdce. Umístěny jsou na vnější straně opěradla přední sedačky. Objem bočního nafukovacího vaku je 12 litrů a aktivován je na straně, na které dojde ke srážce. Novinkou bylo také zavedení senzorů bočních nafukovacích vaků. Rozvinou se za pomoci stejné řídicí jednotky jako nafukovací vaky přední. Z technického hlediska bylo náročné vyřešit hlavně to, že se nafukovací vaky musí rozvinout dříve než nafukovací vaky přední a také to, že senzory musí naprosto spolehlivě rozeznat, že se jedná o náraz ze strany nebo šikmo ze strany. Náraz čelní, zezadu a s přesazením zařízení nezaznamená.

Škoda Fabia – začátek výroby - rok 1999

Ve standardní výbavě automobilu jsou dva přední nafukovací vaky – řidiče a spolujezdce a dva boční nafukovací vaky. Hlavové nafukovací vaky lze dodat také, součástí standardní výbavy však nejsou. Škoda Fabia tak může mít až šest nafukovacích vaků.

Škoda Roomster – začátek výroby - rok 2006

Nafukovací vaky řidiče a spolujezdce patří spolu s bočními nafukovacími vaky do standardní výbavy tohoto automobilu. Hlavové nafukovací vaky lze dodat na přání.

Škoda Superb – začátek výroby - rok 2001

Škoda Superb je z hlediska bezpečnosti na velmi vysoké úrovni, což potvrzují i výsledky testu nezávislé organizace Euro – NCAP, ve kterém dosáhla hodnocení pěti hvězdiček, tedy nejvyššího možného. Automobil Škoda Superb může být vybaven až devíti nafukovacími vaky.

Kromě nafukovacích vaků na místě řidiče a spolujezdce, bočních nafukovacích vaků vpředu, hlavových nafukovacích vaků a kolenních nafukovacích vaků řidiče ve standardní výbavě, lze na přání dodat i boční nafukovací vaky pro cestující na zadních sedadlech.

4.3.2 Automobilová společnost Volvo – symbol bezpečnosti



Pro tuto automobilovou společnost byla bezpečnost vždy na prvním místě, a proto se velké množství inovací, které se v současnosti používají téměř v každém vozidle, jako první objevilo u automobilů této značky. 1987 – nafukovací vak řidiče, 1994 - boční nafukovací vaky SIPS, 2000 - nafukovací vaky s dvoustupňovým plněním. Firma Volvo používá nafukovací vaky, jenž se plní silou měnící se v závislosti na rychlosti.

4.3.3 Vybrané modely značky Volvo a vybavenost nafukovacími vaky:

Volvo S 40

Vybavenost dvoustupňovými nafukovacími vaky řidiče a předního spolujezdce, možnost deaktivace nafukovacího vaku spolujezdce, boční nafukovací vaky pro řidiče a spolujezdce na předním sedadle a nafukovací clona (IC) – k jejímu nafouknutí dochází při boční kolizi a chrání hlavy všech cestujících na vnějších sedadlech vpředu i vzadu.

Volvo S 60

Ve výbavě tohoto modelu nalezneme dvoustupňové nafukovací vaky řidiče a předního spolujezdce, možnost deaktivace nafukovacího vaku spolujezdce, boční nafukovací vaky pro řidiče a spolujezdce a nafukovací clona (IC), k jejíž aktivaci dojde při nárazu z boku. Clona poskytuje ochranu cestujícím vpředu i vzadu.

Volvo S 80

Ve výbavě tohoto automobilu nalezneme nafukovací vaky s dvoustupňovým plněním pro řidiče a spolujezdce, možnost deaktivace nafukovacího vaku spolujezdce, nafukovací clona (IC), která se aktivuje při bočním nárazu a dvoukomorové boční nafukovací vaky – mají dvě samostatné komory, které se při nárazu z boku nafukují při rozdílných tlacích, jedna z komor má za úkol ochránit oblast boků cestujícího, druhá pak jeho hrudník.

Z výše uvedeného vyplývá, že je v současnosti u automobilové společnosti Škoda Auto možno za standard ve výbavě modelů nafukovacími vaky považovat nafukovací vaky řidiče a spolujezdce a boční nafukovací vaky řidiče a spolujezdce.

U automobilové společnosti Volvo lze za standard považovat vybavení dvoustupňovými nafukovacími vaky řidiče a spolujezdce, bočními nafukovacími vaky řidiče a spolujezdce a nafukovací clonou (IC), která se aktivuje při bočním nárazu.

5. Závěr

Nafukovací vaky jako součást zadržných systémů automobilů je téma velmi zajímavé, mnoho knih či učebnic o něm ale vydáno nebylo. Proto bylo shánění podkladů pro práci poměrně náročné. Problematika bezpečnosti a nafukovacích vaků se dotýká téměř každého z nás, předpokládáme – li, že většina z nás se každodenně přepravuje automobily.

Práce je rozdělena do pěti oddílů, které by měly dostatečně, i když kvůli omezenému rozsahu bakalářské práce, někdy poněkud stručně shrnout současné poznatky i vývojové tendence. Bezpečnost ve vztahu k automobilům je velmi široký pojem a dalo by se o ní napsat několik bakalářských prací, proto jsem se v první části – úvodu okrajově zabývala statistikami nehodovosti, kampaněmi Ministerstva dopravy ČR za snížení počtu nehod, mrtvých a těžce zraněných na našich silnicích, členěním bezpečnosti silničního provozu a prvky aktivní a pasivní bezpečnosti z hlediska stavby automobilu. Druhá část práce byla zaměřena na zadržné systémy a nezbytnost jejich používání při přípravě automobilem. Největší prostor v mé práci dostaly nafukovací vaky, které při správném používání – tzn. spolu s tříbodovými bezpečnostními pásy – zachránily a v budoucnu ještě zachrání tisíce lidských životů. Hodnocení a doporučení je čtvrtou částí mé práce a obsahuje zhodnocení používání nafukovacích vaků v první polovině 20. století, jejich výhody, nevýhody i to, jaké jsou vývojové tendence, doporučení ve vztahu k používání nafukovacích vaků v automobilech v České republice, přehled vybraných modelů automobilů značky Škoda Auto a Volvo a jejich vybavenost nafukovacími vaky a vzájemné porovnání. Značku Škoda Auto jsem si vybrala jako zástupce automobilů vyráběných v České republice a značku Volvo, protože za vynález či objevení většiny důležitých systémů, které napomáhají tomu, aby cestování v automobilech bylo bezpečnější, vdčíme právě této švédské značce. I v současné době se Volvo zaměřuje zejména na bezpečnost svých automobilů. Porovnání jsem nemohla provést nijak do hloubky, jedná se pouze o přehled současného stavu u vybraných modelů, a to z toho důvodu, že jsem nezpracovávala bakalářskou práci pod záštitou žádné z automobilových společností a informace poskytnuté mnou oslovenými automobilovými společnostmi byly značně omezené či spíše nulové, téměř ve všech případech jsem byla odkázána pouze na jejich internetové stránky, případně na informace poskytnuté prodejci automobilů.

Použitá literatura, zdroje

- [1] VLK, František. Karosérie motorových vozidel. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2001
- [2] VLK, F. Lexikon moderní automobilové techniky. Brno: Nakladatelstva vydavatelství VLK, 2005
- [3] VLK, F. Stavba motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003
- [4] VLK, F. Automobilová technická příručka. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2003
- [5] VLK, F. Koncepce motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000
- [6] Doc.Ing.Rostislav Matějka, Csc., Aktivní a pasivní bezpečnost silničních vozidel, Vysoká škola dopravy a spojov v Žilině, 1990
- [7] Automobiltechnische Zeitschrift 1/2002, 2/2002
- [8] Časopis Automobil, 3/2006
- [9] Časopis Autoexpert 3/2009
- [10] www.tipcars.com
- [11] http://ec.europa.eu/health-eu/my_environment/road_safety/index_cs.htm
- [12] <http://www.policie.cz/clanek/clanek/statistika-nehodovosti-872434.aspx>
- [13] <http://www.auto.cz/main.php?site=slovník&akce=pojem&id=8>
- [14] elektronická encyklopedie Wikipedia
- [15] <http://www.stk-ostrava.cz/zakon-56>
- [16] <http://cs.autolexicon.net/home/>
- [17] <http://www.mdcr.cz>
- [18] <http://www.euroncap.com>
- [19] <http://www.czrso.cz>
- [20] <http://www.ibesip.cz/>